

**UNIVERSIDAD DE PINAR DEL RÍO
“HERMANOS SAÍZ MONTES DE OCA”**

**PERSPECTIVAS DE ARENA PARA CONSTRUCCIÓN EN LOS
PALEOCAUCES DE LA LLANURA SUR DE PINAR DEL RÍO**

**TESIS PRESENTADA EN OPCIÓN AL TÍTULO ACADÉMICO DE
MÁSTER EN GEOLOGÍA
(MENCIÓN YACIMIENTOS MINERALES)**

Aspirante: José Luís Mederos Guinart

Tutor: MSc. Elmidio Estévez Cruz

2007

AGRADECIMIENTOS

“Ninguna obra es el fruto del trabajo de un sólo hombre y mucho menos en el campo de las Ciencias Naturales”.

En nuestro caso la anterior expresión se confirma plenamente, pues ni pensar en llevar a término este trabajo, de no haber sido por la valiosa cooperación de numerosos colegas y familiares, tanto desde el punto de vista profesional como espiritual.

Aunque muchos aportaron su granito de arena, sólo reflejamos aquí aquellos cuya contribución tuvo un peso decisivo en el desarrollo de la investigación.

- José Áreas del Toro.
- Mabel Pérez Campos.
- Bárbara Pernas.
- Eliécer Sobrino Hernández
- Roberto Denis Valle
- Lisset de Alba

A todos ellos, y muy especialmente a Elmidio Estévez, tutor del trabajo, vayan mis más sinceros agradecimientos.

SINTESIS

La razón básica por la cual se acomete este trabajo es la imperiosa necesidad de arena para la construcción en la porción oriental de la provincia de Pinar del Río, a pesar de ser este un territorio rico en el mencionado mineral.

La estructura de la investigación se diseña sobre la base de la existencia de algunas extracciones fortuitas de arena aluvial, llevadas acabo por pobladores y entidades estatales locales. Las acumulaciones objeto de estas extracciones hasta el momento no habían sido sometidas a investigación alguna.

En una apreciación inicial dichas acumulaciones parecían vincularse a cauces abandonados por los ríos “San Diego” y “Hondo” (con su afluente “La Leña”), fenómeno este que de ser cierto podría hacerse extensivo a otras cuencas fluviales del sur pinareño; esta constituyó la hipótesis de trabajo.

Así por tanto, el objetivo y el alcance perseguidos con la investigación consistieron en:

- La identificación de todos los posibles paleocauces existentes entre el límite oriental de la provincia y las inmediaciones de la capital provincial.
- Comprobar la existencia de acumulaciones de arena de interés económico en algunos de ellos.
- Evaluar preliminarmente la calidad de dichas arenas.
- Emitir las recomendaciones básicas para acometer investigaciones futuras más detalladas.

La investigación en sí consistió en identificación de los cauces abandonados, mediante el análisis combinado de las fotos aéreas del vuelo K 10 a escala 1: 36 000 y hojas topográficas a escala 1: 50 000 y 1: 25 000; el reconocimiento visual de un grupo de áreas perspectivas seleccionadas y la realización de trabajos algo más detallados en las cuencas de los ríos “Hondo” y “San Diego-Los Palacios”. Estos últimos consistieron además de la inspección visual, en la realización de sondeos manuales y pozos de perforación a columna con el correspondiente muestreo y análisis granulométrico de las arenas.

Además del texto o memoria escrita, se incluye una apreciable cantidad de anexos gráficos (28 en total y de ellos 7 fotos aéreas interpretadas), los que resultan

imprescindibles para una adecuada comprensión del trabajo y de hecho constituirán el punto de partida para trabajos futuros más detallados.

Los principales resultados obtenidos pueden resumirse en:

- Se identificó un numeroso grupo de potenciales paleocauces, agrupados en 18 sectores correspondientes a 10 cuencas hidrográficas.
- Se establece que los paleocauces presentes en la región no responden al patrón típico encontrado en el resto del país (formados por el Efecto Coriolis).
- Es presentado un análisis comparativo entre la metodología seguida para la investigación de paleocauces en Cuba Central y Oriental y la establecida en el caso que nos ocupa.
- Fue demostrada la perspectividad de al menos dos grandes sectores vinculados a los ríos “Hondo” y “San Diego”.
- La evaluación preliminar arrojó que la calidad de la arena es adecuada para su uso en la construcción.
- Se propone un Modelo Descriptivo preliminar para el tipo de depósito mineral localizado.
- Es presentada una valoración sobre la favorabilidad relativa de las cuencas de los principales ríos de la región para el alojamiento de potenciales paleocauces ricos en arena, bajo los actuales sedimentos aluviales.

Por último se dejan las recomendaciones elementales para la continuación de los trabajos investigativos en el futuro.

Abstract

Needing of sand for construction purpose is a limitation for communities located in the eastern part of the Pinar del Rio province, despite been this territory really rich in sand deposits. For that reason this investigation is carry out.

The investigation strategy is design on the base the existence of some isolated pits where local inhabitants use to dig for alluvial sand, without any previous geological study.

Since the very beginning it looked like this small sand showings were close related with possible channels abandoned for the San Diego and Hondo rivers. If that become true, it could also be possible to find similar deposits in the dominium of others hydrographic basins in the region. It was the working hypothesis.

So that, the main purpose and the reaches of the investigation were defined as:

- The identification of all possible paleochannels in a region between Pinar del Rio city and the eastern limit of the province.
- To verify if economically important sand accumulations are present in any of them.
- To carry out a preliminary evaluation of sand quality.
- To recommend more detailed investigations if necessary.

Investigation itself consist of the identification of abandoned channels through the interpretation of aerial photos (scale 1: 36 000) and topographic maps (1: 50 000 and 1: 25 000).

Visual reconnaissance of some areas and more detailed works in the San Diego and Hondo basins were also carried out. The last included auger and rotary drilling with a corresponding sampling and grain analysis.

A text book and 28 graphics are shown, including 7 interpreted aerial photos in order to facilitate the understanding of the problem.

Main results gotten can be summarized as fallow:

- Eighteen areas (including many potential and proved paleochannels), belonging to ten hydrographic basins, were identified as perspective.
- Paleochannels founds apparently are not formed because of Coriolis Effect.

- A comparative analysis for methodologies applied here and in central – eastern Cuba for paleochannels evaluation is presented.
- At least two long paleochannels filled of good sands, were evaluated. They are related to San Diego and Hondo rivers.
- A preliminary Descriptive Model for the deposit type identified is proposed.
- On the base of catchments areas study, some conclusion about relative favourability of actual basins for buried channels, are established.

Workings not completed are pointed out and recommendations for futures investigations are also given

INDICE

	“Pag”
INTRODUCCION.....	1
CAPITULO I. ASPECTOS GENERALES.....	5
1.1.- La problemática de la arena para construcción en la provincia de Pinar del Río	5
1.2.- Breve síntesis sobre las características geológicas de la porción oriental de la provincia de Pinar del Río.....	8
CAPITULO II. METODOLOGIA DE LOS TRABAJOS REALIZADOS.....	17
2.1.- Fundamentos teóricos.....	17
2.2.- Experiencias cubanas.....	17
2.3.- Los paleocauces de la Llanura Sur de Pinar del Río.	19
2.4.- Comparación de las metodologías aplicadas. Argumentación.....	23
CAPITULO III. RESULTADOS OBTENIDOS	27
3.1.- Generalidades.....	27
3.2.- Descripción sintetizada de cada paleocauce identificado.....	27
3.3.- Presentación de los resultados.....	61
CAPITULO IV. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	64
4.1.- Cuestiones elementales.....	64
4.2.- Concepción e interpretación del fenómeno objeto de estudio.....	65
4.3.- Propuesta de Modelo Geológico Descriptivo para el tipo de depósito mineral identificado.....	70
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	75
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	77

OTRA BIBLIOGRAFIA DE INTERES CONSULTADA..... 79

RELACION DE FIGURAS INCLUIDAS EN EL TEXTO

Figura 1: Plano de ubicación geográfica del polígono de estudio.....	4
Figura 2: Depósitos de arena de la provincia de Pinar del Río.....	7
Figura 3: Mapa geológico de Pinar del Río, a escala 1: 100 000.....	12
Figura 4: Diagrama de Flujo de la Investigación.....	26
Figura 5: Hoja topográfica Los Palacios.....	30
Figura 6: Hoja topográfica Herradura.....	33
Figura 7: Hoja topográfica Cubanacán.....	35
Figura 8: Hoja Topográfica Coralito.....	36
Figura 9: Trabajos de campo Cuenca de los ríos San Diego y Los Palacios.....	34
Figura 10: Corte geológico esquemático. Zona San Francisco.....	39
Figura 11: Sección transversal al paleocauce. Zona La Turbina.....	40
Figura 12: Sección transversal al paleocauce. Zona El Secreto.....	41
Figura 13: Columna Geológica del Pozo SP-10.....	43
Figura 14: Hoja topográfica Consolación.....	47
Figura 15: Hoja topográfica Pinar del Río.....	49
Figura 16: Hoja topográfica Alonso Rojas.....	51
Figura 17: Trabajos de campo Cuenca del río Hondo.....	54
Figura 18: Columna Geológica del Pozo RH-7.....	55
Figura 19: Sección transversal al paleocauce. Zona El Roblal.....	56
Figura 20: Mapa geológico reducido con las cuencas hidrográficas.....	69
Figura 21: Mapa Resumen de los resultados obtenidos (MEDT).....	63

RELACION DE TABLAS INCLUIDAS EN EL TEXTO

Tabla 1: Comparación de las metodologías utilizadas en Cuba para el estudio de los paleocauces.....	24
Tabla 2: Resultados de los análisis de laboratorio. Cuenca del río San Diego.....	38
Tabla 3: Resultados de los análisis de laboratorio. Cuenca del río Hondo.....	57
Tabla 4: Formaciones básicamente terrígenas afectadas por las diferentes	

cuencas hidrográficas.....	68
RELACION DE ANEXOS GRAFICOS.....	81
Anexo 1: Interpretación foto aérea 1470.....	82
Anexo 2: interpretación foto aérea 1551.....	83
Anexo 3: Interpretación foto aérea 1487.....	84
Anexo 4: Interpretación foto aérea 1559.....	85
Anexo 5: Interpretación foto aérea 8672.....	86
Anexo 6: Interpretación foto aérea 8671.....	87
Anexo 7: Interpretación foto aérea 8673.....	88

INTRODUCCION

A pesar de ser la provincia de Pinar del Río un territorio pródigo en depósitos de arena, los volúmenes que actualmente se extraen resultan insuficientes para cubrir la demanda, la cual se ha visto incrementada bruscamente por las afectaciones provocadas por el paso de varios huracanes, así como por las obras de la Batalla de Ideas.

Esta situación, mas la asfixiante escasez de combustibles y medios de transporte ha sido un catalizador para reevaluar conceptos hasta ahora arraigados sobre la viabilidad de explotar uno u otro tipo de depósito de áridos, en este caso arena para la construcción.

El problema ya de por sí nada pequeño para la provincia en general, se hace más crítico para las comunidades localizadas al este de la capital provincial, pues la mayor parte de los yacimientos se encuentra en el occidente.

En toda la provincia se conoce de la existencia de pequeñas acumulaciones de arena, asociadas a los cauces de los ríos activos; algunas de las cuales han sido estudiadas con cierto detalle, pero solamente dos de ellas se han explotado legalmente.

La adopción de esta temática para desarrollar la tesis de maestría, está motivada por la combinación de dos elementos fundamentales:

- La necesidad de arena para construcción en la parte oriental de la provincia de Pinar del Río, dada la distancia existente hasta los actuales yacimientos en explotación, localizados en los municipios más occidentales de la provincia; situación que además de los gastos desmedidos por concepto de transportación, atenta contra la puntualidad de los arribos.
- La existencia de dos depósitos de arena del tipo aluvial en el municipio de Consolación del Sur; uno en las márgenes del río La Leña y otro en las inmediaciones del poblado de Alonso Rojas; así como un tercero al sur de Paso Real de San Diego. En principio se asumió la posible vinculación de estos depósitos con paleocauces de los ríos adyacentes, La Leña, Hondo y San Diego.

Así por tanto, se concibe la investigación con la siguiente base teórica:

Problema: El déficit de arena para construcción en las comunidades de la porción oriental de la provincia de Pinar del Río.

Objetivos: La detección de paleocauces y la evaluación preliminar de los potenciales depósitos arenosos vinculados a algunos de ellos, con vistas al abastecimiento de arena para construcción a las comunidades de la región oriental de la provincia.

Objeto: Los cauces antiguos de los principales ríos de la región oriental de la provincia de Pinar del Río.

Hipótesis: Las manifestaciones de arena del tipo aluvial conocidas en tres sitios correspondientes a posibles cauces abandonados por los ríos “San Diego”, “La Leña” y “Hondo”, constituyen un indicio sobre la probable existencia de otros tramos de cauces abandonados por diferentes ríos de la región, algunos de ellos potencialmente perspectivas para la localización de depósitos arenosos de interés económico.

Alcance: Con esta investigación se pretende solamente vencer una primera etapa, consistente en la detección visual de los paleocauces existentes en la Llanura Sur, mediante la interpretación de fotos aéreas y planchetas topográficas a diferentes escalas, realizando además trabajos de campo de comprobación y evaluación preliminar en algunos de ellos.

De acuerdo al diseño de la investigación los resultados aquí obtenidos servirían de base para acometer posteriores trabajos de prospección y exploración, pero el acuciante déficit del mineral en la región unido al conocimiento público de los resultados que se han ido obteniendo, condujo a la realización de investigaciones geológicas aceleradas por parte de la Empresa Geominera de Pinar del Río (con la participación del autor de este trabajo), entidad que en este momento ya prepara otros dos proyectos de Prospección - Exploración.

Esto significa que en buena medida ya una parte de los objetivos propuestos ha quedado cumplida.

El área escogida para el estudio se extiende desde los límites con la provincia de La Habana, hasta la cuenca del río Guamá, en las inmediaciones de la ciudad de Pinar del Río (Figura 1).

No obstante no resultar abundante la literatura especializada sobre el tipo de depósito mineral objeto de esta investigación; se llevó a cabo una amplia revisión bibliográfica por Internet, fundamentalmente en lo referente a los temas “Efecto Coriolis”, “Paleocauces”, “Modelos de Yacimientos de Arena y Grava” y “Evaluación de Depósitos de arena y Grava”. Además se revisó todo lo existente sobre el particular en el país (correspondiente mayormente a las décadas de los años 80 y 90). Desafortunadamente una buena parte de las consultas hechas en Internet pudo ser sólo parcial, por cuanto el acceso a los documentos completos se encuentra generalmente condicionado a su pago. Por supuesto la mayor parte de los artículos no encuentra un espacio apropiado en las Referencias Bibliográficas.

INSERTAR AQUÍ LA FIGURA 1 (1 HOJA EN FORMATO A4)

Plano de ubicación geográfica del polígono de estudio

CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES

1.1.- La problemática de la arena para construcción en la provincia de Pinar del Río

La provincia de Pinar del Río es sin dudas el territorio más rico en depósitos de arena, de todo el país. Sobresalen por su importancia los depósitos de “arena sílice” destinada a usos especiales, tales como fundición, vidrio, cerámica, etc. En cambio no resultan tan abundantes los depósitos de arena para construcción, aunque varios de ellos se han explotado o están siendo objeto explotación actualmente; tal es el caso de Arroyo Canteras, Las Llanadas y La Tea (los dos últimos ya casi agotados), en las cercanías de la ciudad de Pinar del Río, y San Ubaldo y ESBE 19 SO en la región de Guane – Sandino. Otros depósitos evaluados y sin explotar son: Chamizos (I, II, IX y XIV) y Pilotos, también en las cercanías de la ciudad cabecera, así como Gordas – Clavellinas, 20 de Mayo y Guasimal en la región Guane - Mantua. Esta información se encuentra resumida en el BNRR correspondiente al año 2007 (López y Castro, 2007).

Casi todos los mencionados depósitos presentan como principal problema una granulometría demasiado fina para las actuales necesidades constructivas. Por su origen, prácticamente todos son del tipo aluvial marino, con sólo raras excepciones exclusivamente aluviales, por ejemplo, 20 de Mayo y Guasimal (Navea y Hernández, 1987).

Objeto de explotación también han sido algunas pequeñas acumulaciones localizadas en ríos de la premontaña y las Alturas Pizarrosas del Sur, pero por su volumen estas no resultan sustanciales, al menos en la actualidad; tal es el caso de los ríos Guanito y Paso Viejo.

Hasta el momento poco interés se ha prestado a los depósitos de arena vinculados a cauces de ríos activos, fundamentalmente por lo limitado de sus recursos, generalmente insuficientes para sostener extracciones similares a un yacimiento del tipo aluvial – marino; en otras palabras, se ha valorado el problema sólo desde el punto de vista empresarial. Si el mismo problema es observado desde el ángulo del aprovechamiento de un recurso renovable que se regenera ininterrumpidamente, que

colmata los cauces o las presas y al final su destino es el mar; entonces las conclusiones obviamente serían otras.

Con respecto al potencial de los paleocauces (o a los paleocauces como tales) como fuentes de suministro de arena no se dispone de información alguna.

INSERTAR AQUÍ LA FIGURA 2 (1 HOHA EN FORMATO A3)

Depósitos de arena de la provincia de Pinar del Río

En la actualidad, aunque no sin limitaciones, las regiones central y occidental de la provincia van resolviendo sus problemas de suministro de arena para construcción. No es esa la situación que se presenta en la parte oriental (desde Consolación hasta Candelaria), donde se requiere de la transportación del mineral desde los yacimientos San Ubaldo y ESBE 19 SO, distantes más de 100 km, con el consiguiente incremento del costo de adquisición, amén de sufrir la crónica escasez de transporte y combustible.

En esta región oriental solamente se acometen algunas pequeñas extracciones como es el caso del río La Leña en Consolación del Sur, y El Arenal al sur de Paso Real de San Diego. Hasta el momento en la mencionada región no se conocen depósitos de arena de interés económico de ningún tipo genético (Figura 2).

1.2.- Breve síntesis sobre las características geológicas de la porción sur oriental de la provincia de Pinar del Río

De acuerdo a los Mapas Geológicos a escala 1:50 000 (Martínez y Fernández de Lara, 1988) y 1:100 000 (Barrios y otros, 1988) de la Provincia de Pinar del Río, al norte, este y noreste de la ciudad capital, se destacan dos complejos litológicos muy diferentes; uno desarrollado en la parte montañosa y premontaña, y otro en la llanura sur. En esta última se destacan los depósitos jóvenes de la cobertura.

A continuación se presenta una muy breve síntesis de la composición litológica de aquellas formaciones más estrechamente vinculadas con las cuencas hidrográficas de los ríos objeto de este estudio; la zona comprendida entre la ciudad de Pinar del Río y San Cristóbal, al sur del parte aguas natural de la región. (Figura 3).

Principales secuencias litológicas de la zona montañosa y premontañosa:

En estas regiones se destacan formaciones de variada composición litológica, con rango de edades desde el Jurásico inferior hasta Eoceno (Martínez, 1990).

Formación San Cayetano (J₁₋₃): Ampliamente distribuida en todo el flanco sur de la cordillera. Litológicamente está constituida por paquetes de areniscas cuarzosas y polimícticas de variada granulometría y coloración. Son comunes las limolitas y lutitas de coloración gris, verde, negro y marrón. Aisladamente se presentan horizontes de conglomerados de poco espesor; las calizas son escasas y afloran en

forma de capas de poca potencia en la parte alta del corte, muy similares a las descritas para el suprayacente Miembro Pan de Azúcar, de la Formación Jagua. Localmente abundan las pizarras y filitas.

Estudios realizados acerca de la composición clástica de la formación, indican un predominio de las arcosas litoclásticas, subarcosas y areniscas cuarzosas (Pszczolkowski, 1985). En condiciones de intemperismo resultan deleznales y fácilmente erosionables.

El paquete completo ha sido subdividido en secciones y unidades de menor rango, atendiendo a su composición más o menos clástica y su posición en el corte.

La potencia total de la formación se estima que supere los 2500 m.

Formación Arroyo Cangre (J₁₋₃): Se diferencia de San Cayetano por el metamorfismo sufrido. Predominan la meta areniscas cuarzosas, metalimolitas, esquistos, filitas, calizas recristalizadas, metagabros y metadiabasas.

Formación Jagua (J₃): Compuesta principalmente por calizas micríticas de coloración gris a negro, con abundante material carbonoso. Las calizas son bien estratificadas, en ocasiones laminadas, con intercalaciones de esquistos arcillosos margosos y lutitas calcáreas.

El espesor estimado está en el orden de los 180 m.

Formación Guasasa (J₃-K₁): Constituida en la base por calizas masivas, de color negro y con capillas de lutitas y lentes de silicitas. Localmente aparecen conglobrechas. Son comunes también las dolomitas y calizas dolomitizadas. En menor medida se describen micritas, esparitas, calcarenitas, calciruditas, etc.

Según algunos autores la potencia de la formación es de alrededor de los 800 m

Formación Artemisa (J₃-K₁): La constitución fundamental está dada por calizas micríticas margosas, organógenas y detríticas con intercalaciones de limolitas y lutitas calcáreas, principalmente en la base del corte.

Subiendo en el corte priman las calizas masivas en ocasiones con lentes de silicitas, calizas recristalizadas y brechas calcáreas.

Cerrando el corte aparecen calizas bien estratificadas de coloración más clara, intercaladas con horizontes de silicitas. Localmente se describen cuerpos de basaltos.

La potencia estimada es de alrededor de unos 750 m.

Formación Santa Teresa (K_{1-2}): Constituida principalmente por silicitas cuarzo calcedónicas y radioláricas, argilitas, sílceas, arcillas, limolitas, calizas y margas.

Espesor no mayor de 60 m.

Formación Cacarajícara (K_2): Básicamente constituida por sedimentos clásticos. El mayor espesor está dado por calcarenitas y en menor medida por material más fino. Se reportan brechas de gran potencia constituidas por fragmentos de caliza y silicitas. Localmente abundan las calcilutitas, calciruditas y calcarenitas.

Espesores muy variables, llegando hasta 450 m en la parte norte de la Sierra del Rosario.

Formación Los Negros (K_2): De variada composición litológica; predominando las calizas biogénicas masivas o groseramente estratificadas, lutitas arenosas, y grawacas carbonatadas en forma de intercalaciones.

Los espesores calculados no superan los 40 m.

Formación Pinalilla (K_{1-2}): Calizas masivas con finas intercalaciones de limolitas y argilitas.

Formación Polier (K_{1-2}): Calizas micríticas de color gris pardo, bien estratificadas. Abundan las areniscas cuarzosas y polimícticas, limolitas, lutitas y lentes de pedernales. En menor medida calizas margosas, esquistos calcáreos, argilitas calcáreas y limolitas tobáceas.

El espesor no excede los 700 m.

Grupo Mariel indiferenciado (P_{1-2}): Constituido básicamente por secuencias flychoides, principalmente terrígenas. Las rocas de mayor ocurrencia son: las areniscas polimícticas, limolitas, argilitas arcillosas, gravelitas polimícticas, conglomerados polimícticos, calizas organógenas y arenosas, calcilutitas, grawacas calcáreas y calcarenitas. Se aprecian clastos de rocas ígneas efusivas y plutónicas (porfiritas y tobas), así como metamorfitas, serpentinitas, esquistos negros, fragmentos de cuarzo y calizas.

Espesores mayores de 600 m.

Formación Capdevila (P_2): Areniscas, limolitas, arcillas, gravelitas, calcarenitas, margas, calizas, grawacas y conglomerados. Sus depósitos están bien estratificados.

Formación Manacas (P₂): Compuesta por material predominantemente terrígeno, fundamentalmente areniscas polimícticas, argilitas, limonitas, calcarenitas, pedernales, depósitos terrígenos caóticos, intercalaciones de calizas, areniscas vulcanomícticas y silicitas.

Formación Universidad (P₂): De composición básicamente arcillosa, está constituida principalmente por margas, calizas arcillosas, lutitas silíceas con nódulos de pedernal, calizas arcillosas silicificadas, calizas biogénicas y algunos conglomerados basales de matriz areno arcillosa polimíctica; La coloración predominante es la blanca y blanco amarillenta.

Localmente se reportan clastos de rocas silíceas, pedernales, calizas, areniscas y rocas volcánicas.

Formación Loma Candela (P₂): De composición carbonatada – terrígena, esta conformada fundamentalmente por calizas micríticas, clásticas, organógenas; arcillas calcáreas, calizas arcillosas, margas, areniscas calcáreas, gravelitas y conglomerados. Se observan clastos de pedernal, cuarzo, cuarcitas, silicitas y calizas grises.

La máxima potencia intersectada es de 278 m.

En menor medida se presentan depósitos cuaternarios asociados a los valles fluviales, pero básicamente constituidos por el material erosionado de las formaciones antes descritas.

Principales secuencias litológicas de la llanura sur:

Predominan los depósitos que se enmarcan dentro de las secuencias de cobertura conocidas como el Neoautóctono, originadas en la etapa platafórmica del desarrollo geológico de la región, específicamente en el intervalo más reciente: del Plioceno al Holoceno y han sido relacionados con las siguientes unidades litoestratigráficas (Barrios y otros, 1988):

INSERTAR AQUÍ LA FIGURA 3 (1 HOJA EN FORMATO A3)
Mapa Geológico de Pinar del Río a escala 1/100 000

Formación Paso Real (N₁): Secuencia rocosa ampliamente distribuida en toda la llanura sur y sur occidental de Pinar del Río. Es característica para esta formación una amplia variabilidad litológica, tanto vertical como lateral. Aunque existe un manifiesto predominio de las calizas (organógenas, organógeno – detríticas, recrystalizadas, arcillosas, y en menor medida biohémicas), calcarenitas, calizas dolomíticas y dolomitas; aparecen también margas organógenas, arcillas carbonatadas, intercalaciones de areniscas y limolitas calcáreas, areniscas calcáreas con carácter gravelítico y areniscas cuarzosas.

A medida que se profundiza en el corte, aumenta el contenido de material terrígeno, reportándose en la base conglomerados polimícticos fosilíferos, de matriz margosa. Son comunes además unos falsos conglomerados calcáreos formados por la desagregación de las partes más blandas de las calizas.

En todas las variedades predomina el color blanco crema y amarillo, con la excepción de las calizas biohémicas que son más oscuras.

Aflora muy poco en la región y sus espesores son considerables. Se han verificado espesores por encima de los 1350 m.

Formación Guane (N₂-Q₁): Estos depósitos del Plioceno – Pleistoceno Inferior se encuentran distribuidos en una franja sublatitudinal, en el borde norte de la llanura costera sur y las llanuras suroccidental y noroccidental de Pinar del Río, bordeando la estructura Guaniguanico.

Se compone de conglomerados y areniscas poco consolidadas, arenas y arcillas arenosas. En la parte alta del corte predominan las arcillas que presentan una insipiente diagénesis y al igual que la masa cementante de las areniscas y conglomerados, tienen composición caolinítica con agregados de material limolítico.

El material clástico está representado fundamentalmente por gravas y guijarros de cuarzo, angulosos y semiangulosos, fragmentos de areniscas cuarzosas y silicitas, provenientes de la región elevada. La coloración de casi todos los depósitos es abigarrada. En superficie abundan los perdigones y las corazas ferruginosas (Hardpan o Mocarreros).

Normalmente aparece entre los niveles hipsométricos de 30 y 50 m. Sobreyace a Paso Real y es sobreyacida por Guevara. En las fotos se aprecia un fototono gris constante.

Es necesario destacar que hacia el este predominan los sedimentos arcillosos sobre los arenosos, a diferencia de la parte occidental y central de la Llanura Sur de Pinar del Río, donde han sido localizados y explotados importantes yacimientos de arena en el marco de esta unidad litoestratigráfica.

La estratificación es escasa y difusa los espesores estimados alcanzan los 60 m.

Formación Guevara (Q_{I-II}): Depósitos de edad Pleistoceno Inferior a Medio, que afloran fundamentalmente en la llanura costera meridional de Pinar del Río. Aparecen en contacto con los depósitos de la Formación Guane, sobreyaciendo a los mismos. Está representada por sedimentos arcillosos y arcillo – arenosos, gravas y guijarros de cuarzo, y en menor medida clastos de rocas sílices. La coloración predominante es la abigarrada, carmelita rojiza, amarillenta, morada, gris verdosa.

Es característica la presencia de perdigones. Suele aparecer entre los niveles hipsométricos de 5 a 30 m. Los espesores alcanzan los 20 m.

Depósitos aluviales de edad Pleistoceno Superior al Holoceno (a-Q_{III-IV}): Se encuentran en los valles fluviales ocupando el segundo nivel de las terrazas, por encima del cauce en 2 - 5 m. Están representados por arenas, arcillas, además de guijarros y gravas, de variada composición y dimensiones.

Depósitos aluviales Holocénicos: (a-Q_{IV}): Se asocian al primer nivel de la terraza y a los cauces. Representados por arcillas, arenas, gravas y guijarros de coloración, composición y granulometría variada. El espesor es pequeño (entre 1 y 3 m) y a menudo presentan coloración oscura por la presencia de materia orgánica en distintos grados de descomposición.

Pueden encontrarse depósitos aluviales holocénicos, sobre todo los más finos (que son transportados en suspensión), asociados a las terrazas más antiguas como resultado de eventos recientes donde el nivel de crecida sobrepasa el límite del cauce actual.

Depósitos aluvial - marinos del Pleistoceno Superior al Holoceno (am-Q_{III-IV}):

Desarrollados en la primera terraza marina abrasivo-acumulativa, con una altura entre los 5 y 10 m. Representados por material arcilloso y areno arcillosa, con gravas y guijarros pequeños de cuarzo, perdigones ferruginosos y más raramente clastos de areniscas, calizas y otras litologías.

Las coloraciones predominantes son blanco grisáceo y amarillento en profundidad y gris negrusca en superficie. Su espesor no supera los 3 – 5 m.

Sedimentos de Mangles (bm-Q_{IV}): Se asocian solamente a las zonas costeras. Arcillas arenosas limosas de color gris oscuro azulado, con gran cantidad de restos de flora y fauna (conchas).

Evolución geológica de la región a partir del Neógeno (período post orogénico)

Según Martínez D. (1990), en el Neógeno ya la Depresión de Los Palacios se encontraba prácticamente rellena, cuando dan Inicio una serie de movimientos oscilatorios, cuya componente vertical da lugar a una primera transgresión marina, debiendo llegar la línea de la costa hasta las inmediaciones de la Falla Pinar.

En el Mioceno Inferior, coincidiendo con la trasgresión marina, la cuenca subside, depositándose la Fm Paso Real. La parte más alta de esta formación comprende depósitos de facie regresiva, lo que es un indicio directo de una elevación del fondo de la cuenca hacia el final del período. Esta regresión se completa en el Mioceno Medio – Superior, aflorando totalmente la Fm Paso Real, la cual sufrió un largo período de exposición caracterizado por una intensa carsificación. Con respecto a Guaniguanico, la zona se presentaba como una región peniplanizada, cuyo borde norte era la Falla Pinar.

Ya en el Plioceno (N₂) y hasta el Pleistoceno Inferior (Q_I) se produce una nueva transgresión producto de las glaciaciones universales, el mar invade la región, llegando nuevamente muy cerca de la Falla Pinar (1.5 km y más).

En este período se depositan sedimentos puramente terrígenos (sedimentos areno arcillosos y gravosos de la Fm Guane, de composición predominantemente cuarzosa). El origen de los sedimentos se considera como aluvial-marino.

Entre el Neógeno y el Cuaternario el territorio se subdividió en una serie de bloques tectónicos, como reflejo de las estructuras premiocénicas.

Para el Pleistoceno Inferior – Medio ocurre una nueva regresión del mar, tratando de llegar este hasta su actual posición; aflora la Fm Guane y comienza su erosión, dando lugar a la deposición de la Fm Guevara en la zona meridional aun sumergida. Los movimientos oscilatorios continúan entre el Pleistoceno y el Reciente, retirándose aun más el mar, aflorando la Fm Guevara y depositándose sedimentos finos más jóvenes del Pleistoceno Superior –Holoceno (Q_{III} - Q_{IV}).

Ya en el Holoceno (Q_{IV}) al culminar el ciclo regresivo, ayudado por la erosión de los sedimentos pleistocénicos y la formación de las superficies de nivelación actuales, ocurre la deposición de sedimentos aluviales (en los valles de los ríos) y palustres (en los manglares).

En la actualidad las condiciones se mantienen más o menos iguales, experimentándose desplazamientos locales de la línea costera en una u otra dirección.

CAPITULO II: METODOLOGIA DE LOS TRABAJOS REALIZADOS

2.1.- Fundamentos teóricos

Previamente a la adopción de una metodología de trabajo para estudiar cualquier objetivo, obviamente se requiere de un mínimo de elementos sobre el mismo y al menos alguna información sobre estudios similares realizados, y por supuesto el conocimiento del basamento teórico sobre el fenómeno en sí.

En el caso estudio -cauces fósiles o paleocauces-, los fundamentos teóricos de su formación se basan en el llamado Efecto Coriolis, que en síntesis plantea “.....*los ríos que corren de norte a sur y de sur a norte, durante su ciclo de vida (desde la juventud hasta la vejez) se van trasladando paulatinamente hacia el este.....*”. (Moreno, 1987; Kilty, 2005; etc)

Este fenómeno natural ocurre por presentar las corrientes de agua un comportamiento ante la inercia, similar a todos los cuerpos sobre la superficie terrestre, o sea, tratar de oponerse al movimiento de rotación de la tierra. Esto trae como resultado una acción más agresiva de la corriente sobre las paredes occidentales del cauce, haciendo que las mismas se hagan más abruptas en comparación con las paredes orientales (Thomson and Turk, 1997), etc.

Por tal razón, cuando en algunos puntos los cauces son colmatados por los sedimentos acarreados, las aguas tienden a buscar nuevas vías para drenar, y lo hacen justamente hacia el este, donde el relieve es más suave y llano; abandonando por tanto su cauce tradicional y cavando uno nuevo.

2.2.- Experiencias cubanas

En Cuba se han llevado a cabo numerosos trabajos de prospección – exploración en depósitos de arena vinculados a cauces antiguos enterrados, en las regiones central y oriental; entre otros se destacan los realizados en las cuencas de los siguientes ríos: Tuinicú (Anónimo, 1970), Jatibonico (González, 1975), Majagua (Martorell, 1985), Zaza (Roque, 1990), Sagua la Chica (Díaz, 1985), Chambas (Marek, 1965; González, 1975; Pérez, 2001), Saramaguacán (Hernández P., 1990; Acebo R., 2002), Las Arenas (Vidal, 1981), etc. Los resultados han sido magníficos, estando avalados por varios millones de metros cúbicos de arena de excelente calidad.

Según Moreno (1987), la metodología históricamente seguida para el estudio de los paleocauces cubanos ha consistido en:

- Elección de las zonas pronósticos: Consiste en la selección de aquellos ríos que cumplan previamente con la condicionante de correr norte a sur o sur a norte, y relacionadas a ellos las zonas más favorables para la ocurrencia de los depósitos de arena; en este caso los tramos comprendidos entre los 500 m de su salida de la zona montañosa o premontañosa a la llanura y los primeros 4 ó 5 kilómetros de extensión.
- Estudio morfológico de las zonas elegidas y delimitación de las líneas probables de paleocauces: Consiste en establecer con mayor precisión la zona perspectiva donde se realizarán los trabajos de campo (escala 1:50 000). En principio se define la frontera occidental del antiguo río y seguidamente la posible traza del paleocauce mediante la construcción de perfiles geomorfológicos transversales a escalas mayores (1:10 000 y 1: 5 000).
- Comprobación morfolitológica del terreno. Itinerarios geológicos: Estos no son más que los clásicos itinerarios destinados a la comprobación sobre el terreno de la hipótesis de trabajo, incluyendo el muestreo y la valoración de toda la información que aparezca.
- Métodos geofísicos: Básicamente se utilizan el Perfilaje Eléctrico Simétrico y el Sondeo Eléctrico Vertical, en perfiles transversales a la estructura predefinida. Con estos métodos se pretende diferenciar el cauce relleno de arena del entorno generalmente arcilloso. La profundidad de estudio por lo general no sobrepasa los 7 m.
- Perforaciones: Se realizan en función de las dimensiones de los cuerpos arenosos esperados. Los perfiles de pozos se orientan perpendiculares a la dirección principal o predominante del paleocauce, con distancias entre ellos de 800, 400, 200, 100 m; y entre pozos, de 50, 25 y 10m. La conformación de la red depende del estadio. La profundidad de los pozos suele alcanzar los 7 – 8 m los positivos y 4 – 5m los negativos. El primer pozo de cada perfil siempre se perfora en el centro del cauce.

En la mayor parte de los trabajos consultados, correspondientes a los finales de la década de los 80 e incluso a los años 90, los trabajos de campo casi se limitan a la perforación en gran escala, en ocasiones con algún apoyo geofísico; pero nada de fotogeología ni interpretación de planchetas topográficas. Esto en buena medida puede deberse a los fines netamente “productivos” de los trabajos de referencia.

2.3.- Los paleocauces de la Llanura Sur de Pinar del Río

En esta región del país hasta el momento no han sido estudiados yacimientos de arena vinculados a cauces fósiles o enterrados. La única referencia al respecto es una perspectiva señalada por Moreno (1987), para los ríos Hondo y Paso Viejo.

La identificación de tres depósitos aluviales (dos en las inmediaciones de Consolación del Sur y uno al sur de Paso Real de San Diego) como potenciales tramos de paleocauces, conllevó una rápida revisión de los principales ríos del territorio, con la óptica de un patrón clásico de paleocauces generados por el llamado Efecto Coriolis. No se obtuvo resultado alguno.

Por tal razón, la metodología seguida en este caso difiere un tanto de la tradicionalmente aplicada en las regiones central y oriental, por cuanto en apariencia no estamos en presencia de un fenómeno similar, o sea, a priori no se observan paleocauces en las regiones próximas a las montañas o piamontes; tampoco sus patrones parecen responder a los mismos principios clásicos. Así por tanto para abordar la tarea en cuestión, se utilizó la siguiente secuencia de trabajos:

- Revisión de la literatura geológica existente sobre la región, así como información sobre otros paleocauces estudiados en el país y en diferentes lugares del mundo.
- Análisis visual detallado de las planchetas topográficas 1:50 000 de la región (ocasionalmente también a escalas mayores).
- Identificación de los potenciales paleocauces en las fotos aéreas y en las planchetas.
- Visitas de reconocimiento y comprobación a las zonas de interés.
- Trabajos de detalles en sectores escogidos: Itinerarios geológicos, sondeos manuales y perforación rotaria, con su correspondiente muestreo.

- Análisis de laboratorio a las muestras tomadas: Granulometría, % de arcilla, % de materia orgánica.
- Descripción, clasificación y evaluación de las perspectivas de cada paleocauce identificado.

Los documentos geológicos que mayor información arrojan sobre la región son los Levantamientos Geológicos 1:100 000 y 1: 50 000 con sus respectivas búsquedas acompañantes. De ellos se obtuvieron importantes datos sobre la composición de las arenas de la llanura aluvial y su vinculación genética con las formaciones aflorantes en la zona montañosa, elementos valiosos sobre la morfología local y básicamente el Mapa Geológico de la región.

Datos importantes aportaron también varios informes sobre prospecciones para arena en paleocauces, correspondientes a trabajos realizados en las provincias de Sancti Spíritus, Ciego de Ávila, Camaguey y Las Tunas (González, 1975), (Marek, 1965), (Martínez, 1982), (Pérez, 1994, 2001), (Roque, 1990, 1994), etc.

El análisis de las planchetas topográficas 1:50 000 consistió en la identificación de indicios de corrientes fluviales con un comportamiento atípico con respecto al patrón de drenaje de la región (bifurcaciones de las corrientes fluviales aguas abajo –Y invertidas-, intersecciones de corrientes, tramos de corriente muy próximas y paralelas entre sí, colleras y brazos de ríos abandonados, alineación de lagunas), en fin, elementos morfológicos que pudieran estar vinculados con cauces abandonados tanto en el pasado lejano como en el reciente.

Este análisis de las planchetas sirvió de base para la selección de las fotos aéreas del vuelo K10, a escala 1:37 000, del año 1970. Independientemente que a priori fueron revisadas todas las fotos de este vuelo correspondientes a la Llanura Sur de Pinar del Río, se fijó la atención en aquellas correspondientes al entorno de los puntos de interés previamente detectados en las planchetas topográficas.

Algunos intentos de localizar paleocauces en la Llanura Sur de Pinar del Río, utilizando imágenes satelitales, no dieron resultados. Muy posiblemente la resolución de estas imágenes no sea suficiente para precisar lineamientos tan estrechos como un pequeño río. Por supuesto, otros podrían ser los resultados si se selecciona adecuadamente el tipo de imágenes a procesar.

Las fotos seleccionadas fueron escaneadas y salvadas en ficheros extensión JPG; posteriormente se analizaron en ampliación con los software AUTOCAD MAP y MAPINFO, y en menor medida utilizando estereoscopios rústicos. En primer lugar se procedió a la identificación de las corrientes activas reflejadas en las hojas topográficas 1:50 000, estableciendo sus patrones característicos. Seguidamente se fueron identificando otros lineamientos con características análogas a estos (ancho reducido y constante, sinuosidad más o menos marcada, etc.), pero de alguna manera contrastantes con las primeras.

Cada elemento identificado en la foto se chequeó sistemáticamente en las hojas topográficas 1:50 000, 1:25 000 e incluso 1:10 000.

La relación de las fotos interpretadas se muestra a continuación. De ellas las más útiles fueron georeferenciadas (r), volcando el contenido de la interpretación en las correspondientes planchetas 1:50 000, también previamente escaneadas y georeferenciadas.

Relación de fotos interpretadas

Hoja Alonso Rojas: Fotos 8654, 8655 (r), 8657 (r), 8669, 8670 (r), 8671(r), 8672 (r), 8737 (r).

Hoja Cubanacán: Fotos 204, 205 (r), 206, 1559 (r), 8651(r), 8652, 8653, 8673 (r), 8674 (r), 8728, 8756 (r), 8757.

Hoja Herradura: Fotos 1550 (r), 1559 (r), 1561 (r), 8761 (r).

Hoja Los Palacios: Fotos 1469, 1470 (r), 1551(r), 1970 (r), 1971, 8806, 8807(r).

Hoja Coralito: Fotos 175, 176, 1485, 1486 (r), 1487 (r), 1488 (r), 1489, 1552 (r), 8813, 8814 (r), 8815 (r), 8816.

Hoja Pinar del Río: Fotos 8690, 8691 (r), 8518 (r), 8569(r), 8591(r).

Hoja Consolacion: Foto 8562 (r)

Las visitas a las zonas de interés se llevaron a cabo en diferentes momentos, una primera fase antes de hacer la fotointerpretación, siguiendo los rasgos detectados en las hojas topográficas 1:50 000 y apoyándonos en la información aportada por la población local, y posteriormente una segunda fase destinada directamente a la comprobación de la interpretación integral. Por razones de tiempo y recursos no todas las zonas de interés pudieron ser visitadas.

La mayor parte de las comprobaciones de campo se realizaron en las cuencas de los ríos Hondo, San Diego y Los Palacios, en el marco de dos Reconocimientos Geológicos llevados a cabo por la Empresa Geominera de Pinar del Río. En el marco de estos proyectos se evaluaron preliminarmente los paleocauces asociados a los tres ríos mencionados, en algunos de sus sectores.

En síntesis los volúmenes de trabajos realizados en los mismos se relacionan a continuación:

En la cuenca del río Hondo -Sector H-3- (Denis R. y Sobrino E., 2006).

<u>Tipo de Trabajo</u>	<u>Cantidad</u>
Itinerarios Geológicos	75 km
Sondeos manuales	51 (61 m)
Pozos de perforación rotaria	9 (47.5 m)
Muestras de testigo de perforación	20
Análisis de laboratorio	20
Fotos analizadas	8

En las cuenca de los ríos San Diego y Los Palacios -Sectores P-1, SD-1, SD-2 y SD-3- (Sobrino E., y Denis R., 2006.)

<u>Tipo de Trabajo</u>	<u>Cantidad</u>
Itinerarios Geológicos	91 km
Sondeos manuales	44 (56.5 m)
Pozos de perforación rotaria	53 (186.3 m)
Muestras de testigo de perforación	33
Análisis de laboratorio	33
Fotos analizadas	19

Con los itinerarios se pretendió identificar cualquier indicio que apuntara directa o indirectamente a la presencia de un cauce abandonado (depresiones alargadas del terreno, zonas pantanosas o de mal drenaje, contrastes de vegetación, extracciones de arena realizadas por la población local, etc.).

Los itinerarios se acompañaron por sondeos manuales hasta la profundidad de 1.2 m. Poco se resolvió con estos últimos, pues la potencia de cobertura generalmente supera los 2 m.

La perforación rotaria se dirigió en primer lugar al centro del cauce abandonado, allí donde este era visible y el terreno lo suficientemente firme para soportar el peso de la maquina autotransportada (UKB). Es evidente que en esta región resulta imprescindible el uso de la dragalina.

El muestreo se realizó a los sedimentos arenosos, determinándose: granulometría por tamices, % de materia orgánica, % de arcilla, estimándose finalmente el módulo de finura.

2.4.- Comparación de las metodologías aplicadas. Argumentación

Como puede apreciarse, hay sustanciales diferencias entre las metodologías aplicadas para el estudio de los paleocauces en Cuba central y oriental y la seguida en el caso estudio. Estas diferencias se localizan principalmente en la fase inicial de los trabajos, justamente a la hora de adoptar el modelo geológico y la consiguiente hipótesis de trabajo.

Básicamente la mayor diferencia estriba en el amplio uso dado a las fotos aéreas y a las hojas topográficas durante los estudios hechos en Pinar del Río, lo cual en principio responde al modelo atípico de paleocauces allí encontrado. El resto de la metodología empleada no difiere en gran medida, salvo en los volúmenes de trabajo y las redes empleadas, lo cual se explica por el diferente alcance propuesto (Tabla 1).

En principio estas diferencias metodológicas no apuntan específicamente hacia deficiencias en uno u otro trabajo, sino más bien reflejan el ajuste de la metodología al objeto de estudio y el objetivo perseguido.

De hecho una metodología de trabajo no constituye una camisa de fuerza, sino una secuencia de pasos lógicos. En tal sentido la línea de trabajo asumida en este caso se acomoda mucho más a los estándares internacionales, como es el caso de algunas regiones del norte de Canadá (Anónimo, 2007).

Tabla 1: Comparación de las metodologías utilizadas en Cuba para el estudio de los paleocauces

PARAMETRO A CONSIDERAR	CUBA CENTRAL Y ORIENTAL	PINAR DEL RIO
Modelo adoptado	Paleocauces típicos	Paleocauces atípicos
Causa de su formación	Efecto Coriolis	Basculamientos locales (¿?).
Metodología aplicada	<ul style="list-style-type: none"> - Selección de ríos que corran sur a norte y norte a sur. - Elección de las zonas más perspectivas en ellos. - Comprobación en el terreno (itinerarios). - Trabajos geofísicos (PES y SEV). - Perforación en redes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Revisión de la literatura (geología regional y especializada sobre los paleocauces cubanos). - Identificación de paleocauces en las hojas topográficas 1: 50 000 y en las fotos aéreas. - Visitas de comprobación al campo (validación). - Itinerarios detallados con sondeos manuales. - Perforaciones aisladas.
Objetivo del trabajo	Prospección y exploración.	Trabajo temático productivo o Reconocimiento (¿?).
Alcance del trabajo	Estimar recursos en todas las categorías.	Identificar potenciales paleocauces. Comprobación de algunos. Recomendación de áreas

Sin perder de vista la efectividad de los trabajos llevados a cabo en Cuba Central y Oriental, no resulta descartable la posibilidad de encontrar en estas regiones fenómenos similares al de la Llanura Sur de Pinar del Río. Esto significa que

hacer una revisión al menos preliminar de las mencionadas regiones, sobre la base de un análisis combinado “hojas topográficas – fotos aéreas”, podría arrojar resultados interesantes, sin incurrir en gastos sustanciales. El uso de las fotos y las planchetas topográficas a diferentes escalas deben resultar igualmente útiles para la detección y seguimiento de cualquier otro tipo de paleocauces.

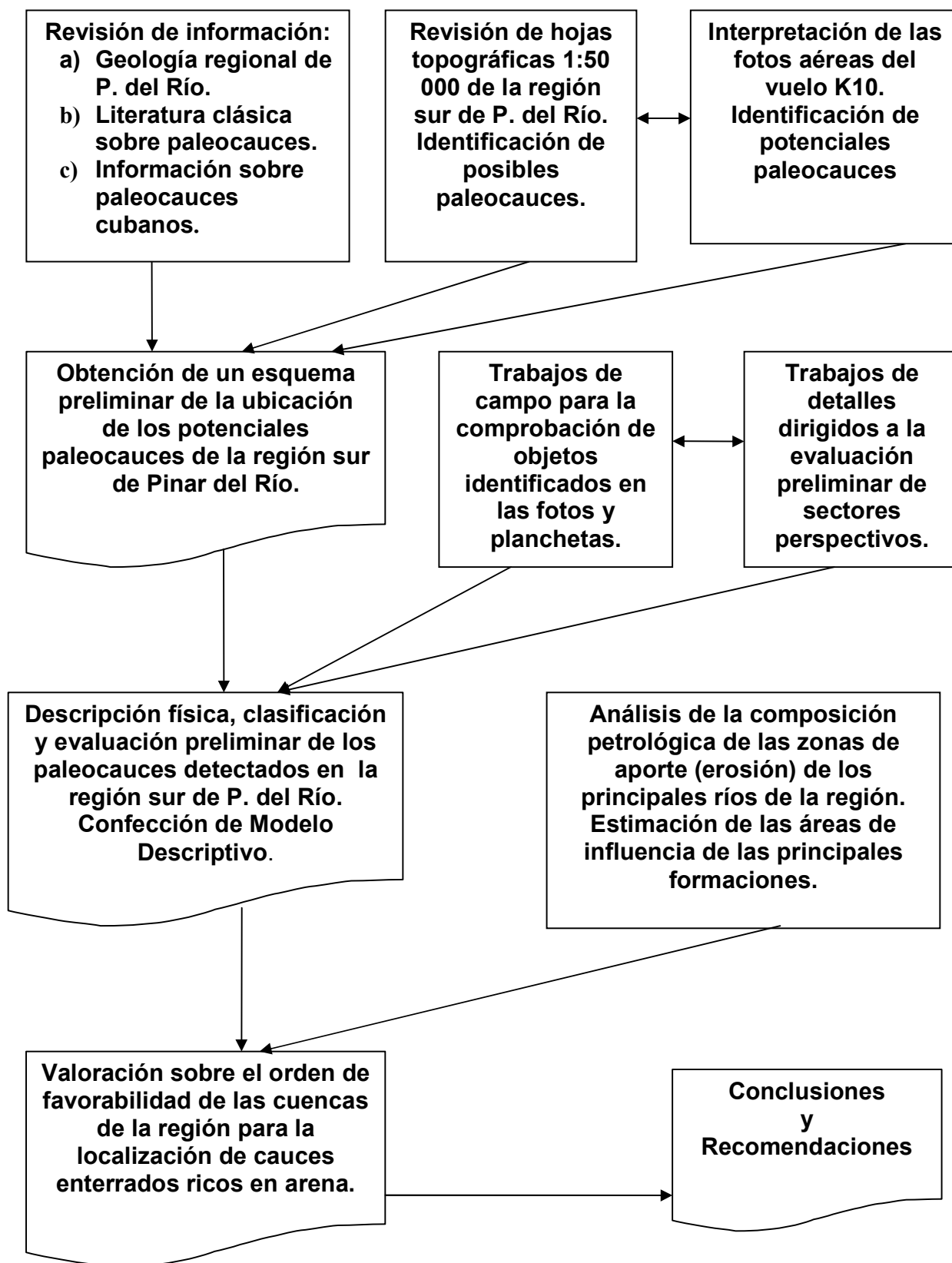


Figura 4: Diagrama de Flujo de la Investigación

INSERTAR AQUÍ LA FIGURA 4 (1 HOJA EN FORMATO A3)

Diagrama de Flujo de la Investigación

CAPITULO III: RESULTADOS OBTENIDOS

3.1.- Generalidades

Los resultados alcanzados estuvieron en dependencia de los trabajos realizados en cada área de interés, así resulta que para algunos sectores de las cuencas de los ríos Hondo, San Diego y Los Palacios, estos fueron mucho más precisos que para el resto del polígono de estudio, llegándose incluso a dar una valoración cualitativa y cuantitativa del mineral útil (estimación de recursos) en determinados tramos. No obstante en la mayoría de los sectores considerados “*de interés*”, los resultados fueron solamente preliminares, a tono con el alcance propuesto para la investigación.

Las coordenadas utilizadas para precisar la posición de cualquier punto responden al patrón cartesiano (X,Y).

De acuerdo a las características propias de la información obtenida y para de alguna manera diferenciar entre sí los paleocauces detectados, estos se clasifican convencionalmente de la siguiente forma:

- Comprobados ----- Chequeados en el campo.
- Supuestos ----- Sólo identificados en las fotos y las hojas topográficas.
- Cargados ----- Con arena
- Vacíos ----- Sin arena
- Enterrados ----- Sin expresión en superficie, pero identificados puntualmente por las extracciones de arena.

3.2.- Descripción sintetizada de cada paleocauce identificado

A continuación se presenta una síntesis de los resultados correspondientes a cada uno de los sectores identificados como “*de interés*”. Estas zonas se agrupan convenientemente siguiendo un patrón de ordenamiento dado por: cuenca del actual río activo, sector o parte de esta cuenca, hoja topográfica 1: 50 000 donde se localiza y principales fotos utilizadas.

A- Cuenca del río San Cristóbal

Sector SC-1: Curso bajo del río San Cristóbal

- Hoja Los Palacios (Figura 5); fotos 1970 y 1971.

En las coordenadas (291550,307500) se desprende un brazo de corriente desde el río activo, en dirección al este, girando rápidamente al sur y cortando al propio río San Cristóbal. A partir de esta intersección se extiende subparelelamente a este por su flanco occidental, por unos 5.5 km; la sinuosidad es bastante marcada en algunos tramos, aparentemente no está rodeado por vegetación y el ancho oscila entre 20 y 25m.

En la foto su apariencia no es la de un típico paleocauce, pero teniendo en cuenta los aspectos arriba señalados, bien pudiera ser un paleocauce reactivado a partir de su intersección con el San Cristóbal, sirviendo de aliviadero a este en períodos de crecida; situación esta por la cual tampoco se puede descartar la presencia de algún reservorio de arena de interés económico. No se visitó

Clasificación ----- Supuesto.

Sector SC-2: Intersección de los ríos San Cristóbal y Santa Cruz

- Hoja Los Palacios (Figura 5); fotos 1469, 1470 (Anexo 1) y 1471.

En el punto de coordenadas (291729,310969), se aprecia una bifurcación de lineamientos, dada por la actual traza del río San Cristóbal y su cauce abandonado, al parecer por algún proceso de canalización artificial. El cauce viejo es aun visible siguiendo la margen oriental del cauce activo, por unos 1600 – 1700m. Es sumamente sinuoso y en algunos lugares es intersectado por el río activo.

La zona de la confluencia de los ríos Santa Cruz y San Cristóbal es bastante complicada, pues los lineamientos no son bien definidos.

Inmediatamente al sur de la intersección de estos ríos, en las coordenadas (291283,309536), del río principal se separa un ramal aparentemente no activo en la actualidad, que se mantiene en dirección norte - sur por la margen occidental de este, por unos 1200 m hasta las coordenadas (291250,308725)

y con un ancho que no supera los 10m. Debe ser continuación del tramo descrito en los párrafos anteriores.

Próximo a su extremo sur, este lineamiento se bifurca en dos pequeños ramales. Entre él y el río activo aparece otro más corto pero con características análogas, que gira bruscamente al este, cortando incluso al propio río activo; su extensión total es de unos 800 m. En la foto se aprecian otros pequeños lineamientos, pero algo mas indefinidos.

Aunque no se descarta que estemos en presencia de algún sistema de paleocauces, todo parece indicar que se trata de un abandono del cauce antiguo, motivado por obras ingenieras (¿). No obstante, en este cauce abandonado pudieran aparecer depósitos de arena, fácilmente identificables en aguas poco activas.

Clasificación ----- Supuesto.

B- Cuenca del río Bacunagua

Sector B-1: Bacunagua

- Hoja Los Palacios (Figura 5); fotos 8806 y 8807.

Se aprecia un largo y delgado trazo de corriente que nace muy próximo al río Bacunagua y se desplaza hacia al sur, subparalelo a él, por unos 5 km, desde las coordenadas (277200,309800) hasta las coordenadas (278000,305000), donde se une al río principal. El ancho aparente no supera los 10m.

Por su posición en el plano más bien parece ser un arroyo, aunque también pudiera ser el antiguo cauce del río. Esto no puede ser definido en las fotos dado el elevado grado de sinuosidad y la carencia de vegetación; tampoco en la plancheta topográfica, donde sólo se puede apreciar que la distancia entre el río y el nacimiento del lineamiento es de unos 200m.

Clasificación ----- Supuesto

C- Cuenca del río Los Palacios

Sector P-1: Río Viejo

- Hoja Herradura (Figura 6); fotos 1550 y 1551 (Anexo 2).

INSERTAR AQUÍ LA FIGURA 5 (1 HOJA EN FORMATO A3)

Hoja topográfica 1/50 000 Los Palacios

Se trata de un tramo de unos 3.5 km del río Los Palacios, que quedó abandonado al ser este canalizado y desviado hacia el oeste, como parte de las obras hidráulicas hechas en la región. El mismo está limitado por los puntos de coordenadas (267746,304588) y 267300,301000). La sinuosidad es marcada y el ancho oscila alrededor de los 15m.

Su expresión tanto en las fotos como en la plancheta es perfecta, manteniendo incluso una tupida vegetación de rivera y una apreciable cantidad de agua en el cauce. Los trabajos de revisión realizados no fueron suficientes para definir si está definitivamente “cargado” o no, por lo que se recomienda su revisión detallada.

Clasificación ----- Comprobado

D- Cuenca del río San Diego

Esta constituye una estructura un tanto complicada en cuanto a la profusidad de paleocauces se refiere. Como mínimo se comprobó la presencia de cuatro de ellos en la margen oriental del río, todos desviándose hacia el SE. En mayor o menor medida todos estos fueron abordados durante el Reconocimiento Geológico realizado recientemente por la Geominera P. del Río (Denis, R y Sobrino E., 2006). El principal paleocauce es la estructura conocida localmente como la “Cañada de las Vueltas” que se extiende por más de 20 km intersectando incluso a la cuenca del río Los Palacios. De una forma u otra todos resultan altamente perspectivas, por cuanto han sido las extracciones de arena por parte de los pobladores lo que en muy buena medida ha favorecido su comprobación en el campo (Figura 9).

Sector SD-1: Cañada de Las Vueltas

- Hojas Herradura (Figura 6), Cubanacán (Figura 7) y Coralito (Figura 8); fotos 1550, 1551 (Anexo 2), 1552, 175, 176, 1485, 1486, 1487 (Anexo 3), 1488, 1489, 8813, 8814, 8815 y 8816.

La “Cañada de Las Vueltas” a todas luces constituyó el cauce principal del actual río San Diego. El punto de abandono del cauce viejo actualmente se

encuentra bajo el Embalse “La Juventud”, al norte de la Autopista Nacional. Los primeros 4 km de este paleocauce corren paralelos al actual río, entre él y el poblado de Paso Real. Después se desvía al este y se extiende por otros 4 km hasta el cruce del río Los Palacios, donde corrige definitivamente su rumbo hacia el SSE, hasta su desembocadura en el Golfo de Batabanó.

A lo largo de toda su extensión el cauce es extremadamente sinuoso, encontrándose en algunas localidades totalmente colmatado de sedimentos, mientras en otros puntos se conserva perfectamente, dando la apariencia de un río normal, incluso con agua permanente en el cauce (aunque sin drenaje). El fondo mantiene una diferencia de cota de hasta 1m con respecto al entorno y el ancho varía entre 10 y 15m (localmente algo más).

La traza del paleocauce principal es localmente flanqueada por tramos de paleocauces (fundamentalmente por el sur) más cortos pero alineados, los que pudieran responder a los típicos brazos y colleras que debió abandonar el río en su período activo: Talvez pudiera constituir todo un paleocauce correspondiente a un período aun más lejano en la evolución del río San Diego. Esta situación se repite en el extremo norte de la plancheta Coralito, pero ya con dos líneas de paleocauces bien definidas (subparalelas), dato que apoya el criterio de las migraciones sucesivas del cauce del río hasta llegar a lo que ahora denominamos “Cañada de Las Vueltas”. La doble línea de paleocauces se enmarca aproximadamente entre los puntos definidos por las coordenadas (269217,297720 y 268629,298104).

Hasta la intersección del río Los Palacios la identificación de la traza es perfecta tanto en las fotos como en las planchetas; a partir de este punto en las fotos sigue siendo buena la imagen, pero no así en la plancheta Coralito, donde localmente resulta definible la traza unas veces por las fotos y otras en la plancheta.

En línea recta la “Cañada de Las Vueltas” se extiende por más de 20 km; fue comprobada en el campo hasta algo más al sur de lo que fue el batey de “El Coralito” (Figura 8), el resto está totalmente cubierta de marabú y resultó imposible trabajarla.

INSERTAR AQUÍ LA FIGURA 6 (1 HOJA EN FORMATO A3)

Hoja topográfica 1:50 000 Herradura

INSERTAR AQUÍ LA FIGURA 9 (1 HOJA EN FORMATO A3)

Trabajos de campo en la cuenca de los ríos san Diego y Los Palacios

INSERTAR AQUÍ LA FIGURA 7 (UNA HOJA EN FORMATO A-3)
Hoja topográfica 1/50 000 Cubanacán

INSERTAR AQUÍ LA FIGURA 8 (UNA HOJA EN FORMATO A3)
Hoja topográfica 1:50 000 Coralito

Vale destacar que en los primeros kilómetros de recorrido de la “Cañada de Las Vueltas”, entre ella y el actual río San Diego, se localizan algunas manifestaciones de arena aluvial con apreciables potencias de mineral útil, tales como “Paso Real”, “San Francisco” (Pozo SP-47), “La Ceiba”, etc. En el caso del Pozo SP-47 se describe una arena de granulometría predominantemente fina a media, posiblemente vinculadas a los bancos laterales del extinto río; pero de sumo interés desde el punto de vista económico. De hecho ya han sido objeto de extracciones en el pasado reciente.

Durante los trabajos de Reconocimiento Geológico se definieron con más precisión varias áreas perspectivas asociadas a la “Cañada de Las Vueltas” (La Turbina, El Secreto, Toribio Jiménez, Las Vueltas, Las Colleras y Coralito), todas evaluadas preliminarmente con perforaciones rotarias, muestreos y análisis básicos, como se puede observar en la tabla 2 y en las figuras 10, 11, 12.

Un rasgo muy importante de esta estructura es su enorme extensión lineal desde la presa La Juventud, hasta la costa sur; pero no menos interesante resultan las aparentes bifurcaciones o Y invertidas (al menos 5) que se presentan aguas abajo del punto de coordenadas (272200, 292600), desde unos 10 – 12 km antes de llegar a la actual línea de costa.

Estas bifurcaciones pudieran estar asociadas a una gran estructura deltaica, sumando varias decenas de km lineales de cauces enterrados. De estar estos últimos “cargados”, entonces el papel de la estructura como potencial reservorio de arena, se vería notablemente amplificado.

En síntesis, los resultados concretos son como sigue: El paleocauce está “cargado” parcialmente (de acuerdo a la dinámica de la deposición de sedimentos en un río activo) desde el mismo principio hasta al menos la zona del batey de El Coralito, donde se perforó el pozo más meridional -el SP-53. La granulometría promedio es de media a gruesa (Módulo de Finura >2), los contenidos de arcilla no son significativos ($<15\%$), tampoco los de materia orgánica (raramente llegan a Placas 4 ó 5) y buen rendimiento (hasta 80%).

Tabla 2: Resultados de los análisis de laboratorio. Cuenca del río San Diego (Sobrino E., 2006)

Pozo	No Muestra	Intervalos de Muestreo			Retenido por tamices							Cont Arcilla (%)	Cont Med Arc / Pozo	Rendto (2,38-0,149)	Rend. Med por Pozo	Módulo Finura	M Fin Prom / Pozo	Materia Orgánica(Placa)
					4,76	2,38	1,19	0,59	0,30	0,15	Fondo							
SP-3	Sp-3-1	2,50	2,80	0,30	9,20	10,95	9,87	7,25	22,18	19,29	14,7	7,50	7,50	69,54	69,54	2,61	2,61	1
SP-6	Sp-6-1	2,30	2,50	0,20	0,00	0,00	0,00	0,16	13,14	54,22	19,6	11,58	7,45	67,51	81,22	1,24	2,10	3
SP-6	Sp-6-2	3,00	3,20	0,20	0,32	0,04	0,30	2,28	30,81	40,74	16,7	8,36		74,18		1,54		3
SP-6	Sp-6-3	3,20	4,20	1,00	1,75	1,90	5,94	20,15	47,87	9,51	9,3	6,44		85,37		2,39		4
SP-7	Sp-7-1	3,00	4,00	1,00	0,78	2,01	6,25	17,93	41,78	15,53	10,6	7,00	7,00	83,50	83,50	2,32	2,32	1
Sp-10	SP-10-1	2,60	3,30	0,70	0,11	0,92	4,35	13,71	27,92	23,50	20,1	9,28	6,19	70,40	79,74	2,10	2,26	>5
Sp-10	SP-10-2	3,30	4,00	0,70	1,70	4,20	9,58	19,69	37,74	15,43	8,1	6,70		86,65		2,51		3
Sp-10	SP-10-3	4,40	5,00	0,60	0,32	1,03	2,03	4,42	35,35	36,23	13,3	3,37		79,05		1,79		>5
Sp-10	SP-10-4	5,00	5,40	0,40	5,58	8,89	12,66	18,51	33,06	11,89	6,5	4,10		85,03		2,80		3
Sp-11	SP-11-1	2,80	4,40	1,60	1,84	3,26	7,41	21,12	31,22	11,65	18,6	14,40	14,40	74,66	74,66	2,58	2,58	1
Sp-12	SP-12-1	2,80	3,80	1,00	0,00	0,07	0,17	0,75	60,04	24,97	9,9	9,60	9,60	86,00	86,00	1,85	1,85	4
Sp-14	SP-14-1	3,20	4,60	1,40	0,04	0,51	1,80	12,46	60,95	12,01	9,1	7,80	7,80	87,73	87,73	2,20	2,20	5
Sp-24	SP-24-1	2,00	2,70	0,70	0,05	0,14	1,43	9,90	55,16	19,35	10,0	7,60	7,60	85,99	85,99	2,08	2,08	3
Afl.	MA-2	Excavación			2,48	1,62	2,23	4,31	18,26	23,14	23,30	7,20		49,57		2,10		1,00
Sp-33	Sp-33-1	2,40	3,40	1,00	0,59	2,44	7,11	15,05	37,86	17,64	15,7	11,80	11,40	80,09	82,60	2,24	2,32	1
Sp-33	Sp-33-2	3,40	4,70	1,30	0,04	0,95	2,98	10,39	47,87	16,22	16,8	15,70		78,41		2,05		3
Sp-33	Sp-33-3	4,70	6,20	1,50	0,16	1,66	7,68	21,37	43,48	13,71	9,3	7,40		87,89		2,62		1
Sp-34	Sp-34-1	2,60	4,10	1,50	0,48	3,39	10,52	17,34	31,61	11,81	19,6	11,60	11,60	74,67	74,67	2,51	2,51	1
Sp-35	SP-35-1	2,50	3,30	0,80	7,62	23,18	19,61	11,65	15,22	10,90	8,3	6,80	6,80	80,57	80,57	3,52	3,52	1
Sp-36	SP-36-1	3,20	4,40	1,20	2,55	7,12	10,79	19,70	34,56	12,15	9,8	8,40	8,40	84,32	84,32	2,76	2,76	4
Sp-38	SP-38-1	1,50	2,00	0,50	7,60	7,76	10,43	13,40	17,27	13,42	23,8	17,00	12,95	62,28	61,04	2,88	3,12	3
Sp-38	SP-38-2	2,00	2,50	0,50	27,59	8,51	13,95	21,09	12,83	3,41	10,7	8,90		59,79		3,37		3
Sp-39	SP-39-1	1,20	2,00	0,80	5,57	2,32	2,24	6,70	30,88	21,76	23,8	8,60	8,60	63,90	63,90	2,13	2,13	1
Sp-40	Sp-40-1	1,00	2,40	1,40	26,87	16,58	14,01	12,67	8,34	4,22	14,2	8,00	8,00	55,83	55,83	3,82	3,82	4
Sp-43	Sp-43-1	1,30	2,00	0,70	0,63	0,99	2,51	17,09	32,64	14,64	25,2	16,40	11,63	67,88	72,50	2,35	2,87	1
Sp-43	Sp-43-2	2,00	3,50	1,50	12,78	7,37	10,74	28,55	22,77	5,22	11,3	9,40		74,65		3,12		1
Sp-47	Sp-47-1	1,50	3,50	2,00	0,00	0,00	0,00	0,51	13,02	52,50	22,3	12,00	10,63	66,03	71,16	1,44	2,21	3
Sp-47	Sp-47-2	3,50	5,00	1,50	6,61	7,37	16,45	27,95	21,15	5,08	13,0	8,80		77,99		3,24		1
Sp-48	Sp-48-1	3,50	4,50	1,00	0,00	0,00	0,00	0,43	10,73	41,76	32,8	18,60	18,60	52,91	52,91	1,47	1,47	4
Sp-53	Sp-53-1	3,00	5,50	2,50	0,87	1,14	2,08	4,75	22,23	37,28	21,8	11,20	11,01	67,49	67,44	1,89	2,17	1
Sp-53	Sp-53-2	5,80	6,40	0,60	8,54	10,55	16,32	16,32	15,93	8,12	19,9	10,20		67,24		3,35		5
S-30	Mtra:Ceiba	0,10	0,60	0,50	7,01	4,87	7,47	11,63	22,22	16,87	21,28	12,24		63,06		2,60		5
Excav.	Mp-I	Excavación			2,88	6,32	5,99	3,87	21,11	28,84	14,87	*		66,13		2,09		*
S-41	Mp-II	0,25	0,65	0,40	4,78	4,86	4,02	6,31	19,78	34,44	14,88	*		69,41		1,92		*

INSERTAR AQUÍ LA FIGURA 10 (UNA HOJA EN FORMATO A-3)

Corte geológico esquemático. Zona San Francisco

INSERTAR AQUÍ LA FIGURA 11 (UNA HOJA EN FORMATO A-3)

Sección transversal al paleocauce. Zona La Turbina

INSERTAR AQUÍ LA FIGURA 12 (UNA HOJA EN FORMATO A3)

Sección transversal al paleocauce. Zona El Secreto

Si a esto añadimos que usualmente la arena de río es beneficiada antes de utilizarse, evidentemente sus parámetros tienden a mejorar.

El parámetro más complicado es el destape, el que generalmente es grande y se acerca a la potencia útil (como media está alrededor de los 2m).

En algunos puntos fue posible estimar los recursos en la categoría de Inferidos, pues se pudo disponer de una o más intersecciones (Sobrinio E., 2006):

Área Las Vueltas----- 61 268 m³

Área San Francisco----- 234 553 m³

Área El Secreto----- 1 340 m³

Clasificación ----- Comprobado y Cargado

Sector SD-2: Kingrass – El Arenal

- Hojas Herradura (Figura 6) y Cubanacán (Figura 7); fotos 204, 205, 206 y 1559 (Anexo 4).

Este sector se localiza junto a la carretera Paso Real – Cubanacán, entre los caseríos de La Rosa y Santa Mónica.

Tanto en las fotos como en las planchetas se definen perfectamente dos cauces abandonados (a), separados del río activo a modo de brazos, en las coordenadas (262725,300700). En realidad estos cauces se hayan parcialmente abandonados, haciendo una función reguladora cuando el río San Diego hace grandes crecidas. Ambas trazas se evaluaron solamente de forma visual y con sondeos manuales, sin resultados halagüeños. Nacen en el mismo lugar, una tiene poca extensión (1800 m) y la más larga llega hasta las coordenadas (263460,297480) -unos 3.5 km. Su ancho no llega a los 10m y los cauces generalmente se mantienen con agua hasta los límites del canal Tronco, no así más hacia el sur donde desaparece bajo los cañaverales (sólo seguible en las fotos hasta más allá de la zona de El Arenal).

INSERTAR AQUÍ LA FIGURA 13 (1 HOJA EN FORMATO A4 o LEGAL)

Columna geológica del pozo SP-10

Desde el mismo punto de nacimiento de los dos mencionados cauces, se desprende un tercero (b) de corta expresión y muy tenuemente apreciado en las fotos. Aparentemente reaparece a unos 500 m al sur del punto de nacimiento, al lado oriental de la carretera, del cual sólo quedan algunas trazas visibles entre las casas y restos de extracciones antiguas ya inundadas. Del hueco principal, cuyas dimensiones aproximadas son 50m x 10m x 3m, los pobladores aseguran que se extrajeron decenas de camiones de arena. Con la sonda se pudo comprobar la existencia de una arena blancuzca, de grano fino a medio, que por su composición resulta típica de ríos y un destape aparente de alrededor de 1m. La zona está totalmente cubierta por arrozales, por lo que no se puede definir su traza. Se toma por referencia el punto de coordenadas (262720,300245).

El denominado Arenal (c) se localiza a 2.5 km al sur del poblado de Santa Mónica, junto a la carretera Paso Real – Cubanacán por lado oriental, con coordenadas del centro en (263545,297595). Ni en las fotos ni en las planchetas aparece rasgo alguno que indique la presencia de paleocauces ni depósitos de arena de otro tipo (solamente una de las trazas arriba descritas); sin embargo el lugar como su nombre lo indica, constituye un depósito de arena conocido, donde históricamente se han extraído miles de m³ del mineral; prueba de lo cual lo constituyen los huecos que han quedado en el lugar, de los cuales los tres principales presentan las siguientes dimensiones aproximadas: 15 x 10 x 2 m (semicolapsado), 130 x 15 x 2 m (inundado) y 90 x 5 x 3-4 m (semi inundado). Bajo una cobertura de unos 2 m de sedimentos arcillosos se ubica un típico depósito de arena aluvial (Figura 13). No se pudo precisar la dirección del cauce enterrado ni la magnitud del depósito. Los detalles sobre el mineral en cuestión se presentan en la Tabla 2.

En base a las intersecciones logradas en El Arenal, se estimó un volumen de recursos en categoría de Inferidos ascendentes a 31 524 m³.

Clasificación: ----- Comprobados y vacíos los dos primeros (a).

----- Comprobado y cargado el tercero (b).

----- Enterrado el último (c)

E- Cuenca de los ríos La Bija – Herradura

Sector BH-1: Hato Las Vegas

- Hoja Cubanacán (Figura 7); fotos 8756 y 8757.

Se detecta una traza muy difusa que bien pudiera corresponder a un tramo de cauce abandonado o a un límite de terraza arrocerá, pues esta es una zona muy afectada por actividades agrícolas.

La sinuosidad resulta poco marcada y el ancho varía entre 10 y 15m.

Los extremos apreciables del lineamiento son los puntos de coordenadas (256200,286700 y 256650,285925), 1 km aproximadamente. No se trabajó en el campo.

Clasificación ----- Supuesto

Sector BH-2: La Ceja de Herradura

- Hoja Cubanacán (Figura 7); foto 8728.

En ambos materiales resalta una conexión de alrededor de 1.5 km entre los ríos La Bija e Hicacos, aproximadamente en las coordenadas (252475,293300 y 253675,294500) respectivamente. Este pudiera responder a un cauce abandonado pero no muy antiguo, a juzgar por la vegetación que lo rodea. El ancho no es mayor de 10 m y la sinuosidad apreciable.

Ligeramente al sur de la intersección de los dos ríos aparecen sendos tramos de paleocauces a ambos lados del cauce activo del río Herradura, cada uno con una extensión de alrededor de 500 m. Estos parecen bastante seguros; su ancho es no mayor de 15 m y la sinuosidad bien marcada.

Clasificación ----- Supuestos

F- Cuenca del río Hondo

La cuenca de este río, además de extensa, es rica en indicios sobre la migración de las corrientes fluviales -colleras, brazos abandonados, alineación de lagunas, etc.- (Figuras 14, 15 y 16). Fundamentalmente en el curso bajo del cauce, en las inmediaciones del poblado de Alonso Rojas resultan abundantes los tramos de paleocauces ricos en arena. De igual forma también

en el curso alto se han extraído históricamente sustanciales cantidades de este mineral.

Es precisamente en esta estructura donde se localizan dos de los elementos básicos que sirvieron de simiente a la idea de concebir a los paleocauces como potencial fuente de arena, así como considerar la posibilidad de existencia de estos en otras zonas de la Llanura Sur de Pinar del Río.

Sector H-1: Los Gálvez

- Hoja Consolación del Sur (Figura 14); foto 8562.

La zona en cuestión se localiza en un amplio meandro del río La Leña - afluente del Hondo-, a unos 2 km aguas arriba de la confluencia con este. El centro se encuentra aproximadamente en las coordenadas este (237500,303800). Se trata de un típico depósito de arena aluvial, que ha sido explotado irracionalmente (aunque a muy pequeña escala) desde hace varias décadas, pero sin estudio geológico alguno. De acuerdo a la morfología del depósito aun no se puede definir si se trata de un paleocauce enterrado o un gran banco lateral (terrazza) que ocupa todo el meandro del río (actualmente área de cultivo).

La arena varía de granulometría de un punto a otro, predominando la gruesa, con abundantes gravas, guijarros y fragmentos mayores poco redondeados. El corte observado en una de las paredes es como sigue:

0.0 – 0.30 m: Cubierta vegetal arenosa.

0.30 – 1.50 m: Horizonte de arena de grano fino o “polvillo”

1.50 – 3.50 m: Alternancia de estratos o lentes de arena de grano medio y gruesa, con variables cantidades de gravas. Predomina la composición cuarzosa de los detritos y fragmentos.

Las extracciones aun no han tocado el fondo del depósito, por lo que se puede asumir que el mineral útil podría aparecer hasta una mayor profundidad, tal vez hasta la actual cota del fondo del río.

INSERTAR AQUÍ LA FIGURA 14 (UNA HOJA EN FORMATO A3)
Hoja topográfica 1:50 000 Consolación

El “hueco” de la extracción presenta unas dimensiones aproximadas de 50 x 30-40 x 3-4 m, lo que permite inferir que se han extraído volúmenes próximos a los 4 000 - 5 000 m³.

Analizando la posición del depósito en el plano, se puede pensar en dos variantes: que se trate de un paleocauce enterrado o de un depósito de banco lateral o terraza; en el segundo caso habría que asumir que todo el llano entre el actual “hueco” y el río se encuentra relleno de arena, esto implicaría que estamos en presencia de un depósito de considerables dimensiones. De tratarse de un paleocauce, los recursos serían menos pues se ceñirían a los límites del cauce antiguo y requerirían de una prospección muy cuidadosa para localizar su traza.

En cualquiera de las variantes la perspectividad del área es elevada.

Clasificación preliminar ----- Enterrado.

Sector H-2: Curso Medio del río Hondo

- Hojas Pinar del Río (Figura 15) y Cubanacán (Figura 7), foto 8569.

Constituye un largo tramo del río Hondo, comprendido entre las proximidades del poblado de Puerta de Golpe y la zona de El Peralejar.

En realidad no se detecta ningún lineamiento que pueda ser asociado directamente con un paleocauce, pero sí un tramo de unos 8 km de extensión, caracterizado por pronunciados meandros del río en una llanura de inundación de poco gradiente, de un ancho aproximado entre 200 y 800 m, un fototono mucho más claro que el entorno y numerosos pequeños lagos en la margen occidental.

Si a esto añadimos la propia morfología del río, la existencia de depósitos conocidos aguas arriba, así como las características de la zona de aporte en la región montañosa, donde predominan los depósitos terrígenos de la Fm San Cayetano; pudieran esperarse en este sector interesantes depósitos de arena en las terrazas del río, asociados principalmente a los meandros más pronunciados allí donde relieve es más llano. Tampoco puede descartarse por supuesto la existencia de algún tramo de paleocauce enterrado.

INSERTAR AQUÍ LA FIGURA 15 (UNA HOJA EN FORMATO A3)

Hoja topográfica 1:50 000 Pinar del Río

La zona de aparente mayor interés se localiza entre los puntos 239500, 291000 al norte y 243500,285000 en el extremo sur.

Sector H-3: Alonso Rojas

Hojas Cubanacán (Figura 7) y Alonso Rojas (Figura 16); fotos 8651, 8652, 8653, 8671 (Anexo 6), 8672 (Anexo 5) y 8673 (Anexo 7).

(a) Ligeramente al sur de la confluencia de los ríos Santa Clara y Hondo se aprecia un lineamiento de unos 800 – 1000 m de extensión, en la margen oriental del río, el que por su aspecto parece corresponder a un cauce abandonado. Su localización es próxima a las coordenadas (245750,284750).

(b) Justo en las coordenadas (247700, 282750) comienza el paleocauce principal del río Hondo, dado por un largo cauce abandonado que se extiende en dirección SE por unos 6 – 7 km, cruzando a unos 500 m al oeste del pueblo de Alonso Rojas; su aparente punto de desaparición está en las coordenadas (250160,276600), donde confluye nuevamente con el actual río activo.

Esta estructura fue estudiada recientemente por la Geominera Pinar del Río, en el marco de un Reconocimiento Geológico similar al llevado a cabo en la cuenca de los ríos San Diego y Los Palacios (Figura 17).

El cauce como tal es perfectamente apreciable tanto en fotos como planchetas, resultando considerablemente sinuoso, con un ancho poco variable en el orden de los 15 – 20 m. Localmente desaparece totalmente bajo los sedimentos arcillosos, aunque casi siempre deja ver algo de su trazado original. En numerosos tramos conserva o bien fango y vegetación de pantano o incluso agua de forma casi permanente.

Pudo comprobarse que tramos considerables del paleocauce fueron objeto de explotación intensiva en décadas pasadas (desde los años 50 según los pobladores) hasta profundidades mayores de 5 m.

De igual forma se comprobó la existencia de varias bifurcaciones del paleocauce principal aguas abajo, fundamentalmente en la zona de El Roblal.

INSERTAR LA FIGURA 16 (1 HOJA EN FORMATO A3)

Hoja topográfica 1:50 000 Alonso Rojas

En este lugar, dada la afectación provocada por los cultivos, los lineamientos se aprecian muy tenuemente en las fotos y en modo alguno en las planchetas, mas sin embargo en período de sequía muchos de ellos se pueden seguir intermitentemente en el terreno por el contraste de coloración de la vegetación herbácea y a las apenas apreciables depresiones.

Todo lo hasta aquí mencionado, unido a la composición de los sedimentos extraídos de las perforaciones, hace pensar en la existencia de una zona deltaica enterrada (paleodelta), potencialmente muy rica en arena. De probarse esta hipótesis, las perspectivas de la región aumentarían considerablemente.

Durante los trabajos de reconocimiento se realizaron sondeos manuales y pozos de perforación rotaria, con su correspondiente muestreo y análisis granulométrico, de contenido de arcilla y materia orgánica. Los resultados pueden verse en la tabla 3 y en las figuras 18 y 19.

En términos generales predomina una arena de grano medio (varía de un pozo a otro), con aceptables contenidos de arcilla y materia orgánica de acuerdo a las normas vigentes.

Los recursos estimados en la categoría de Inferidos, en dos pequeñas zonas donde resultaron suficientes las intersecciones logradas se resumen como sigue:

Zona El Roblal ----- 81 950 m³

Zona Río Viejo ----- 99 348 m³.

Clasificación ----- Supuesto el primero (a)

----- Comprobado y Cargado el segundo (b)

Sector H-4: Curso Bajo del Río Hondo

- Hoja Alonso Rojas (Figura 16); fotos 8670, 8671 (Anexo 6) y 8737.

En el curso bajo de este río, más al sur del paleocauce principal, se destacan en las fotos aéreas varios grupos de lineamientos muy similares a los paleocauces comprobados, todos caracterizados por abundantes

sinuosidades y bifurcaciones, aunque localmente están parcial o totalmente borrados por los cultivos de arroz.

Un primer grupo (a) se localiza alrededor del punto de coordenadas (252000,275000); un segundo grupo (b) en (248500,275800); el tercero (c) en 252325, 273100 y el último (d) un poco más alejado hacia el suroeste, entre los ríos Ajiconal y Hondo, cortado por el canal Tronco, a 1.5 km al sur de la pista Montoto (248450,272300).

En general el ancho de los lineamientos oscila entre 10 y 20m y por su aspecto es muy similar a los “derramaderos” típicos de las estructuras deltaicas.

Aunque bien pudiéramos estar en presencia de simples canales de drenajes actualmente activos, los resultados obtenidos en el Sector H-3 (algo más al norte) obligan a tomar muy en serio estos lineamientos, pues de responder al mismo origen que los de la zona de El Roblal, entonces podríamos estar en presencia de un depósito de arena de apreciable magnitud

Clasificación ----- Supuestos

G- Cuenca del Arroyo San Francisco

Sector SF-1: Sur de El Caribe

- Hoja Cubanacán (Figura 7), fotos 8673 (Anexo 7) y 8674.

El sector se localiza entre los poblados de Alonso Rojas y El Caribe, al este de la carretera que va a consolación del Sur.

Se trata una serie de segmentos de lineamientos ubicados en la margen sur del arroyo San Francisco, cuya extensión alcanza los 1500 m, comenzando en la proximidad de la carretera; la sinuosidad es marcada y el ancho oscila alrededor de los 8-10 m.

Esta estructura, aunque sumamente difusa, pudiera estar vinculada a algún cauce enterrado correspondiente al río Santa Clara, ubicado varios kilómetros al noroeste, pero cuya cuenca resulta contigua a la del arroyo en cuestión.

Clasificación ----- Supuesto

INSERTAR AQUÍ LA FIGURA 17 (UNA HOJA EN FORMATO A3)

Trabajos de campo en la cuenca del río Hondo

INSERTAR AQUÍ LA FIGURA 18 (UNA HOJA EN FORMATO A3)

Columna geológica del pozo RH-7

INSERTAR AQUÍ LA FIGURA 19 (UNA HOJA EN FORMATO A3)

Sección transversal al paleocauce. Zona El Roblal

INSERTAR LA TABLA 3 (UNA HOJA EN FORMATO LEGAL)
Resultados de análisis de laboratorio. Cuenca del río Hondo

H- Cuenca de los ríos Ajiconal – Paso Viejo

Sector APV-1: Punta de Palma

- Hoja Alonso Rojas (Figura 16); fotos 8654 y 8655.

Ubicado a unos 8 km al SW del poblado de Alonso Rojas, en la planicie entre los ríos San Felipe y Ajiconal, con centro aproximadamente en (243375,275150).

Se detecta un lineamiento orientado NW – SE, de algo más de 1 km de longitud, bastante sinuoso y de un ancho entre 15 y 20 m, muy parecido a un cauce antiguo. Su traza desaparece bajo los campos de cultivo. Este parece ser un objetivo interesante.

Clasificación ----- Supuesto

Sector APV-2: Sector Caobilla

- Hoja Alonso Rojas (Figura 16); foto 8657.

Localizado a unos 11 km al SW de Alonso Rojas y 4 km del punto anterior, en la misma planicie entre los ríos Ajiconal y San Felipe, ya próximo a las zonas pantanosas costeras.

Aquí se destacan tres lineamientos que corren paralelamente al río Ajiconal por su margen occidental, en dirección N–S; todos relativamente poco sinuosos y pobres en vegetación, con un ancho variable entre 10 y 20m. Sus puntos inicial y terminal son en (244290,271700 y 244150,268575) respectivamente, unos 3200 m de longitud.

Bien pudieran constituir típicos derramaderos costeros, pero de todas formas valdría la pena revisarlos, pues de corresponderse con cauces antiguos, la zona adquiriría una elevada perspectiva..

Clasificación ----- Supuestos

Sector APV-3: Sector Laguna Arroyo Colorado

- Hojas Pinar del Río (Figura 15) y Cubanacán (Figura 7); fotos 8569 y 8591.

Justo al sur de la confluencia de los ríos Paso Viejo y Ajiconal (coordenadas 237675,287600), siguiendo el flanco occidental se puede apreciar una línea de

corriente de unos 10 – 20 m de ancho, que se desprende del río activo en el punto de coordenadas (237900,287500), se desplaza por unos 7 km y desaparece en la zona del canal magistral que conecta los ríos Hondo, San Felipe y Ajiconal (coordenadas aproximadas en 242800,282600). La llanura que surca se mantiene entre las cotas 20 y 25 con un ancho variable entre 400 y 500 m. La traza de corriente como tal, por su aspecto y configuración parece indicar que se trata de un cauce abandonado; pero incluso en caso que no lo fuera, pudiera responder a la reactivación de alguno más antiguo, suposición que se apoya en la existencia de colleras, brazos rectos abandonados y numerosas pequeñas lagunas. Tampoco se descarta la posibilidad que bajo los sedimentos aluviales de la llanura se puedan localizar tramos de paleocauces cargados de arena.

Este sector reviste una especial importancia desde el punto de vista de su perspectiva para la localización de depósitos arenosos de interés; pues además de sus propias características ya descritas, aguas arriba se conocen numerosas acumulaciones de este mineral y una gran parte de su cuenca colectora se desarrolla sobre las areniscas de la Formación San Cayetano.

Un elemento aun más interesante es que este río San Felipe tiene su nacimiento en un desprendimiento del río Ajiconal-Paso Viejo, fenómeno totalmente anormal, a menos que constituya un cauce abandonado por este en el pasado y posteriormente reactivado. En cualesquiera de los casos habría que revisar muy bien toda la cuenca del mismo.

Clasificación ----- Supuesto

Sector APV-4: Sector Batey de Sánchez

- Hoja Pinar del Río (Figura 15); foto 8518.

Se trata de la margen occidental de río Paso Viejo, desde el puente próximo al poblado de Ovas (232750,290750 hasta su confluencia con el río Ajiconal. La misma se caracteriza por la presencia de pequeñas lagunas y algunas colleras y brazos de río abandonados, así como zonas bajas; todo esto en una zona

eminentemente agrícola y poblada, factor que dificulta la identificación de cualquier lineamiento.

Las fotos aéreas reflejan un fototono mucho más claro que el entorno, lo cual pudiera ser un índice de depósitos de arena en profundidad.

Justo al sur de la derivadora se localiza un pequeño lineamiento de unos 15 m de ancho asociado a una corriente superficial con centro en (234500,289000) y algo más adelante una típica collera de 18 m de ancho con centro en (235500,288750), lo que hace pensar en la posibilidad de algún cauce abandonado. Algo mas al SE aparece otra laguna que talvez pudiera vincularse a ese mismo tipo de estructura.

Desde el punto de vista perspectivo, aquí también son válidas las razones expuestas en el punto anterior.

Clasificación ----- Supuesto

Aunque no se define como una zona perspectiva sensu strictus, toda el área al sur del Ferrocarril Central, comprendida entre los ríos Paso Viejo y Ajiconal, así como entre este último y el Hondo, presentan características muy similares en cuanto a la topografía, sinuosidad de los cauces, naturaleza de las zonas de aporte, etc. No obstante ni en las fotos ni en las planchetas topográficas se resaltan rasgos que permitan identificar potenciales paleocauces, aunque bajo la cobertura de sedimentos aluviales podrían aparecer tanto tramos de cauces abandonados como bancos de arena de interés económico. Esto por supuesto requiere de un estudio más detallado y costoso.

I- Cuenca del río Guama

Sector G-1: Sur de la Ciudad de Pinar del Río

- Hoja Pinar del Río (Figura 15); fotos 6890 y 6891.

En la margen oriental del río, a la altura del reparto Capó, se aprecia un pequeño lineamiento de unos 20m de ancho y 600m de largo, que desaparece bajo las áreas de cultivo aledañas. Su trazo es contrastante con el

entorno. Este pudiera constituir un tramo de paleocauce. Sus coordenadas centrales están en (224325,288675).

Clasificación ----- Supuesto

3.3. Presentación de los resultados

Partiendo del objetivo básico de la investigación *-identificación de los potenciales paleocauces, evaluar preliminarmente algunos de ellos y emitir las correspondientes recomendaciones para investigaciones posteriores-*, y a tenor con los principales materiales utilizados para llevar adelante el trabajo *–fotos aéreas y planchetas topográficas ordinarias-*; se decide plasmar los resultados finales precisamente en las propias hojas topográficas a escala 1:50 000 (Figuras 5, 6, 7, 8, 14, 15 Y 16) y complementariamente en las correspondientes fotos aéreas, a modo de anexos gráficos (se incluyen sólo las más representativas). De esta manera resulta apreciable a simple vista para cualquier persona, la estrecha vinculación de los paleocauces identificados, con los rasgos característicos del terreno y su expresión topográfica; pues a fin de cuentas, cualquier trabajo que se acometa en un futuro, necesariamente ha de pasar por una profunda valoración de esta interrelación.

A modo de integración de toda la información obtenida y en aras de lograr una interpretación de los resultados en el marco de un contexto regional más amplio, se presentan estos mismos resultados en un mapa del territorio basado en el Modelo de Elevación Digital del Terreno (Figura 21).

Este Modelo en buena medida permite validar las inferencias o conclusiones a las se arribaron inicialmente con la interpretación de las fotos y planchetas. De gran utilidad resultan los tenues contrastes del relieve, cuando estos se analizan partiendo de rasgos más sobresalientes previamente identificados en fotos, planchetas o directamente en el campo. Especial interés despierta la configuración de la línea costera y la profusidad de lineamientos (depresiones) en las zonas sur de Los Palacios y Alonso Rojas, donde se presume se encuentren enterradas dos estructuras deltaicas.

En términos generales el Modelo de Elevación Digital del Terreno de por sí puede considerarse como una potente herramienta para este tipo de investigación.

La definición de la perspectiva de cada sector propuesto obviamente debe ser precedida por la comprobación de cada paleocauce en sí, por cuanto algunos de los aquí identificados potencialmente, bien podría no estar “cargado” o incluso resultar falso. Así por tanto, preferimos no hacer ninguna valoración cuantitativa de los Recursos Pronósticos para los diferentes sectores, limitando esta estimación a zonas aisladas (sectores SD-1, SD-2 y H-3) donde los trabajos fueron más detallados y la existencia de intersecciones positivas avala esta acción.

INSERTAR AQUÍ LA FIGURA 21 (UNA HOJA EN FORMATO A3)

Mapa resumen de los resultados obtenidos (MEDT)

CAPITULO IV: INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1.- Cuestiones elementales

La existencia de paleocauces (comprobados o supuestos) en el espacio comprendido entre las cuencas de los ríos San Cristóbal y Guama, así como la presencia de interesantes acumulaciones de arena en algunos de ellos, ya es un hecho. Cabría entonces preguntarse ¿cuándo y por qué se formaron los paleocauces?, ¿de dónde proviene la arena en ellos presente? y ¿cuáles paleocauces resultan los más perspectivas?

Obviamente, en muy buena medida algunas respuestas habría que buscarlas en la historia del desarrollo geológico del occidente cubano a partir del Neógeno. (Capítulo I).

En la llanura, la definición de las corrientes fluviales actuales o extintas debió ocurrir a partir del Pleistoceno Inferior, durante la emersión del territorio y la erosión de los sedimentos de la Fm Guane, y por consiguiente la subyacente Fm Paso Real. En la medida que los ríos iban profundizando su cauce posiblemente recibieron algún aporte sustancial del entorno inmediato, es decir, de las propias formaciones Guevara y Guane (cuyos detritos en principio también provinieron de las montañas del norte). En la medida que el tiempo transcurrió necesariamente el protagonismo absoluto del aporte debió pasar a las cabeceras de los ríos, es decir, a las regiones elevadas.

Por supuesto, que en las zonas elevadas la definición de las corrientes como tales ocurrió mucho antes, desde el momento en que emergieron los primeros terrenos. Durante el intervalo de tiempo comprendido entre la emersión de los terrenos de la Cordillera y la emersión de la región correspondiente a la Llanura sur, la extensión de las corrientes debió resultar mucho menor, depositando su carga en las aguas someras donde se conformaban las formaciones Guane y Guevara.

Los estudios realizados durante el Levantamiento Geológico Pinar Sur a escala 1:100 000 (Barrios y otros, 1988) arrojan una serie de elementos de gran importancia, que contribuyen a dar respuesta a algunas de las preguntas antes formuladas, entre ellos:

- Que en la composición litológica de los sedimentos de las Llanuras Fluvio-marinas de edad Q_{III} y Q_{IV} abundan las gravillas y guijarros de cuarzo de formas semiredondeadas, *los que sólo pudieron provenir de la región montañosa ubicada al norte.*
- Mediante el muestreo de Jaguas hecho en las terrazas fluviales de edad Q_{IV} del río Ajiconal, *se localizaron minerales típicos de la región montañosa.* A partir del poblado de Ovas estas terrazas se hacen más acumulativas, alcanzando más de tres km de ancho en la confluencia con el río Paso Viejo.
- En el río Hondo la situación es idéntica, formando terrazas acumulativas planas de hasta 5 km de ancho al sur de Puerta de Golpe, donde se presentan *depósitos arcillosos, arcillo-arenosos, arenosos y gravosos con guijarros, cuya composición mineralógica también los identifica con la zona montañosa.*
- *La actividad neotectónica que da origen a pequeños horst y grabens comenzó en el Mioceno Medio y continúan hasta la actualidad; prueba de lo cual puede ser la presencia de meandros abandonados en forma de herraduras, los cuales por su cercanía al cauce actual parecen reflejar pequeños basculamientos en el área cercana.* Esto es visible en el valle fluvial formado por los ríos Ajiconal y Hondo, conjuntamente con algunos afluentes que se unen a ellos. Otros ejemplos de movimientos diferenciales son la combinación de tramos rectos de la línea costera que reflejan levantamientos y las lagunas litorales pantanosas que indican subsidencias.

4.2.- Concepción e interpretación del fenómeno objeto de estudio

La evolución continuada de los movimientos diferenciales (hundimientos y levantamientos) debió ser la razón por la cual varios ríos en un momento dado (muy probablemente entre el Pleistoceno Inferior y el Superior) abandonaron sus cauces tradicionales parcial o totalmente. Todo parece indicar que esta situación pudo repetirse más de una vez para un mismo río (Ej. el Río San Diego).

Resulta interesante que las mayores desviaciones de cauces ocurrieron hacia el oeste, quedando los paleocauces al este: todo lo contrario a lo que normalmente suele ocurrir para las corrientes fluviales que corren N-S y S-N, es decir, no se

cumplen las reglas básicas del conocido *Efecto Coriolis*. Claros ejemplos de ello lo constituyen los fenómenos observados en los ríos San Diego (Sectores SD-1 y SD-2), San Cristóbal (Sector SC-1) y Hondo (Sector H-3). Obviamente, todo parece indicar que estos movimientos diferenciales debieron manifestarse bien avanzado el Pleistoceno o incluso en el Holoceno; primando siempre la componente ascendente hacia el oriente y la descendente hacia el occidente.

No es precisamente esa la situación que se presenta en la cuenca de los ríos Ajiconal – Paso Viejo, donde al sur de la confluencia de ambos (Sector APV-3) se “desprende” un ramal de cauce abandonado hacia el occidente (actual río San Felipe). Al parecer en este caso el basculamiento provino del occidente.

No consideramos que este último caso pueda constituir un paleocauce típico, pues en primer lugar su distancia al lugar donde el río abandona la zona montañosa es considerable, y en segundo, la evidente inestabilidad tectónica del occidente cubano desde el Pleistoceno hasta la actualidad, deja poco margen para que se desarrollen paleocauces típicos mediante el Efecto Coriolis.

De alguna manera esto parece comprensible si se observa un mapa de la red de drenaje local a pequeña escala. Es apreciable una clara tendencia de los ríos Ajiconal, Paso Viejo y Hondo, a converger en una zona específica, divergiendo nuevamente aguas abajo. En un momento dado esta debió ser una zona con franca tendencia a la subsidencia, huellas de lo cual deben conservarse bajo la actual cobertura aluvial; entiéndase tramos de cauces enterrados y rellenos de arena o potentes bancos laterales del mismo mineral.

Los depósitos de arena objeto de este estudio, están precisamente limitados a los paleocauces, cuyo trazado es visible en mayor o menor medida en correspondencia con su antigüedad y grado de colmatación.

El mineral en cuestión se vincula espacialmente con los paleocauces y no con las unidades litoestratigráficas en las que se enmarcan estos. Genéticamente los sedimentos arenosos de interés se relacionan principalmente con las formaciones terrígenas de la región montañosa, aunque por supuesto pudiera existir alguna pobre interrelación con las rocas de caja correspondientes a las formaciones Guane y Guevara.

No caben dudas que la Formación San Cayetano, por su composición netamente terrígena y fácil intemperismo, constituyó la principal fuente de aporte de sedimentos arenosos, arrastrados por las corrientes fluviales desde el mismo momento en que estas se definieron. Tampoco deben ser despreciables los aportes de las Formaciones Manacas y Arroyo Cangre, así como el Grupo Mariel, todos de composición básicamente terrígena, pero mucho menos arenosa que la primera. (Figura 20)

Así por tanto, siguiendo la lógica más elemental, puede deducirse que aquellas corrientes fluviales cuya cuenca de aporte (zona de erosión) haya abarcado una mayor superficie de las mencionadas formaciones (fundamentalmente de San Cayetano), obviamente deben haber arrastrado mayores volúmenes de sedimentos arenosos aguas abajo. La ilustración de esta aseveración puede observarse en la Tabla 4.

Asumiendo que el ambiente geotectónico fue el mismo para todas las corrientes fluviales que bajaban de la sierra, puede afirmarse que *la mayor favorabilidad para localizar depósitos arenosos en los cauces abandonados, corresponde a la cuenca del río Hondo, la más extensa, la que mayor área de rocas terrígenas abarca y la de más incidencia sobre la Fm. San Cayetano. Le siguen en importancia las cuencas de los ríos San Diego y Ajiconal – Paso Viejo, que ocupan el segundo y tercer lugar respectivamente en todos los ordenes.* De acuerdo a este criterio le seguirían en orden las cuencas de los ríos Herradura y Guamá. Los restantes ríos tienen sus zonas de aporte desarrolladas básicamente sobre rocas calizas u otras litologías no terrígenas, por lo que de ellos se espera un aporte limitado (Tabla 4).

El análisis llevado a cabo para estimar la favorabilidad relativa de las diferentes cuencas, en lo referente al potencial de arena de los cauces enterrados, a ellas vinculados, es completamente válido para los ríos actualmente activos.

A modo de aclaración se precisa que los límites de las zonas de erosión de las diferentes cuencas, se adoptaron aproximadamente en la salida de la premontaña; punto a partir del cual las mencionadas cuencas presentan un carácter más deposicional que erosivo, (presencia de cauces rellenos y depósitos de bancos

laterales), dada la notable disminución del gradiente de las corrientes fluviales. La expresión gráfica de las mismas se encuentra en la Figura 20.

Tabla 4: Formaciones básicamente terrígenas afectadas por las diferentes cuencas hidrográficas.

CUENCA	AREA TOTAL Y POR FORMACIONES					
	(Km²)					
	Total	San Cayetano	Arroyo Cangre	Manacas	Grupo Mariel	Subtotal formaciones terrígenas
Guamá	78.4	25.93	5.09	-	8.82	39.84
Ajiconal – Paso Viejo	174.0	83.99	11.66	-	14.43	110.08
Hondo	297.8	177.35	1.21	-	29.08	207.64
Herradura	72.8	30.35	-	-	12.77	43.12
San Diego	250.6	91.13	3.17	12.19	35.12	142.41
Los Palacios	129.4	9.88	0.62	14.32	8.84	33.66
Taco Taco	49.8	3.08	-	-	-	3.08
Bacunagua	81.0	4.40		1.75		6.15
Santa Cruz	60.6	6.03	-	-	-	6.03
San Cristóbal	121.3	6.99	-	4.21	-	11.20

INSERTAR LA FIGURA 20 (1 HOJA EN FORMATO A3)
Mapa geológico reducido con las cuencas hidrográficas

4.3.- Propuesta de Modelo Geológico Descriptivo para el tipo de depósito mineral identificado

“La confección de un Modelo Descriptivo para cualquier tipo de depósito mineral, consiste básicamente en el ordenamiento sistemático y el resumen de al menos algunos atributos geológicos sobre un grupo de depósitos similares” (Cox y otros, 1986).

Según Bliss, (1998), “En un mismo modelo, todos los depósitos tomados deben tener en común una o más características. Idealmente un Modelo Descriptivo aporta suficientes detalles acerca del ambiente geológico regional (emplazamiento tectónico, edad, etc.), pero además debe brindar atributos geológicos locales, tales como: rocas encajantes, estructura, control de la mineralización, geometría, alteraciones, zonación, tipo de intemperismo, mineralogía de las menas y de las gangas, propiedades isotópicas, inclusiones fluidas, características geoquímicas y geofísicas. Con todos estos elementos es posible identificar a un depósito dado como componente del modelo, así como posibles prospectos potencialmente contenedores de depósitos aun no descubiertos”.

Ariosa (2002) define como Modelo de Yacimiento Mineral a “la información sistemáticamente ordenada, que describe los atributos esenciales (propiedades) de una clase de yacimiento mineral”. Además añade: “....los modelos de yacimientos son el fundamento científico moderno para la exploración y la evaluación de los yacimientos minerales, pues vinculan los yacimientos minerales que deseamos encontrar y evaluar, con la geología del terreno. Mientras mejor el modelo, más efectivos son la exploración y la evaluación de los recursos minerales. Los modelos actuales son muy útiles y esenciales para el descubrimiento y evaluación de los recursos del siglo XXI.....”. Obviamente, el autor se refiere a los Modelos Descriptivos.

En fin, que un buen modelo descriptivo constituye de hecho una magnífica herramienta para la prospección y exploración de depósitos minerales.

En el caso de estudio, aunque el análisis se basa en los depósitos del Río Hondo (Sector H-3) y la Cañada de Las Vueltas (Sector SD-1), lugares donde los trabajos de comprobación permitieron obtener una mayor cantidad de información sobre el

mineral útil y su ambiente; el modelo propuesto no deja de tener un carácter preliminar, por cuanto se requerirían algunos depósitos más y un grado de estudio aun más profundo, para lograr un modelo con una adecuada precisión.

No obstante, muy posiblemente cualquier otro depósito que se identifique en la región, vinculado a paleocauces, no difiera sustancialmente de estos en sus aspectos básicos.

Siguiendo a Lindsey (1997) y Hora (2007), y teniendo en cuenta el tipo de mineral objeto de estudio; para la confección del modelo se define una estructura con los siguientes elementos fundamentales: *la identificación del modelo como tal, la caracterización del tipo de depósito y las recomendaciones para futuras investigaciones*. Para la caracterización del tipo de depósito fueron seleccionados parámetros que pueden agruparse alrededor de cuatro aspectos básicos: *ambiente geológico, características y dimensiones de los depósitos, y efectos ambientales de la futura explotación*.

IDENTIFICACION DEL MODELO PROPUESTO

Nombre: Depósitos de arena en Paleocauces tipo Llanura Sur

Mineral útil: Arena para construcción

CARACTERISTICAS GEOLOGICAS

1. Ambiente geológico:

- Descripción global de los depósitos: Depósitos arenosos aluviales, alojados en los canales o cauces abandonados (o en sus bancos laterales inmediatos asociados a zonas de deposición en meandros pronunciados) por los principales ríos que surcan la Llanura Sur de Pinar del Río. No siempre los paleocauces presentan una buena expresión superficial.
- Tectónica: En lo que a la composición del mineral útil se refiere, carece de importancia, pues los depósitos de arena dependen de la energía de la corriente y por supuesto de la composición de la fuente de aporte. No obstante su papel debe haber sido preponderante en la formación de los paleocauces como tales, producto de los movimientos oscilatorios post orogénicos que caracterizaron al occidente cubano a partir del Plioceno.

- Ubicación geológica y ambiente de deposición: El material terrígeno erosionado en las regiones elevadas de la cordillera fue transportado por las corrientes fluviales y depositándose tanto en los propios cauces como en forma de bancos laterales (en las llanuras de inundación), en dependencia de la carga y energía de la corriente en cada riada. Una vez abandonados los cauces, parte de los depósitos de las llanuras de inundación debieron ser erosionados y conjuntamente con material arcilloso procedente del mismo entorno, contribuyeron a sepultar las acumulaciones de arena en el fondo de los mencionados cauces.
- Edad de la Mineralización: Cuaternario (Pleistoceno Inferior – Superior).
- Rocas de caja: Los depósitos se asocian espacialmente a los cauces de los ríos abandonados, y estos han cavado su cauce cortando las rocas poco consolidadas de las Formaciones Guevara y Guane, así como de la subyacente Formación Paso Real. La interrelación del mineral útil con las mismas es pobre o nula.
- Índices para la localización de los paleocauces: A pequeña escala (fotos y planchetas topográficas) es fundamental el comportamiento anómalo de corrientes fluviales, tales como Y invertidas o bifurcaciones, tramos paralelos a corrientes principales, intersecciones, segmentos abandonados, colleras y lagunas alineadas; combinaciones de varias de ellas. A gran escala (detalles) es de suma utilidad el contraste de humedad reflejado en la vegetación herbácea, tenues depresiones del terreno, fluctuaciones en el vigor de las cosechas, etc.

2. Características de los depósitos:

- Forma: Cuerpos largos, sinuosos y estrechos, de acuerdo a la configuración del cauce. Usualmente no todo el cauce debe estar “cargado”, respondiendo esto a la dinámica normal de un río en su período activo. Potencias variables, desde unos centímetros hasta más de 5m. Ancho de hasta 15 – 20 m.
- Textura / Estructura: El tamaño y la redondez de las partículas arenosas depende de la energía de la corriente, la distancia a la fuente de aporte y la composición de las rocas erosionadas. La estructura interna de cada depósito

depende de la intensidad y la carga de cada riada, pudiendo aparecer alternancias de horizontes con mayor o menor granulometría (incluso arcillas), “estratificación” cruzada, interrupciones bruscas, intercalaciones de material orgánico, etc.

El corte más probable es:

- Hasta 2.5 m de arcilla muy plástica.
- Transición areno arcillosa variable (localmente).
- Depósito arenoso de grano medio a fino con más o menos material grueso.
- Depósito de arena gruesa o areno gravoso, con intercalaciones de arena más fina o arcilla.
- Depósitos de fondo (arcilla, guijarros, gravas, etc)
- Composición mineralógica: Variable (cuarzo, pedernales, calizas, etc.), predominando ampliamente el cuarzo, lo cual esta en correspondencia con la composición de las rocas erosionadas (básicamente la Fm San Cayetano).
- Gangas: Principalmente arcilla y guijarros.
- Alteraciones: Carecen de importancia para el tipo de depósito.
- Intemperismo: Carece de importancia el área de los depósitos. Muy importante en la zona de aporte.
- Control del mineral útil: Netamente morfológico (limitado a los cauces abandonados y localmente a su entorno inmediato (bancos laterales en zonas de meandros pronunciados).
- Origen del mineral: Formaciones terrígenas del Terreno Guaniguanico (Formaciones San Cayetano, Manacas y Arroyo Cangre, así como el Grupo Mariel).
- Calidad del mineral: En términos generales los paquetes de arena vistos de forma integral presentan las siguientes características:
 - Granulometría media a gruesa (Módulo de Finura por pozos, entre 1.7 y 3.12). Predominio de valores superiores a 2.5
 - Contenido de Materia Orgánica entre las placas 1 y 4.
 - El contenido de Arcilla (fino) no supera el 12 %.

- Rendimiento entre 61 y 85 %.
- Contenido de grava algo errático. Rara vez supera el 10 %
- Nivel freático: Nunca a más de 3 m desde la superficie.
- Otros depósitos minerales asociados: No conocidos hasta el momento. Tal vez las arcillas plásticas de cobertura (aun no evaluadas).

3. Dimensiones de los depósitos:

Variables, en dependencia de la continuidad, ancho y potencia de cada barra arenosa. No comparables areal ni volumétricamente con los típicos depósitos aluviales – marinos, pero de gran importancia para las comunidades cercanas.

4. Posibles efectos ambientales causados por la futura explotación.

Excavaciones largas y estrechas, de limitada profundidad (no mayores de 5 ó 6 m). Futuros reservorios de agua para agricultura y ganadería.

SUGERENCIAS PARA LA PROSPECCION Y LA EXPLORACION

- En una primera etapa: Combinar el uso de las fotos aéreas y planchetas topográficas a diferentes escalas (considerar el empleo de los Modelos de Elevación Digital del Terreno). Con ello se puede detectar a priori la existencia de lineamientos contrastantes con la morfología local, entre ellos los cauces abandonados.
- En una segunda etapa: Reconocimiento pedestre con el auxilio de planchetas topográficas a diferentes escalas. Comprobación de lo interpretado en fotos y planchetas. Detección de detalles no visibles en estas.
- Aplicación local de algunos métodos geofísicos para la detección de cauces enterrados (sin exposición alguna). Entre ellos Gravimetría, Sísmica, SEV, PES, Ground Penetrating Radar.
- Completar la exploración con el uso de perforación rotaria y retroexcavadoras de gran alcance.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Los objetivos perseguidos con la investigación se cumplieron ampliamente, por cuanto:

- 📍 Fue detectado un numeroso grupo de potenciales paleocauces, clasificándose cuatro de ellos como “comprobados” y dos como “enterrados”.
- 📍 Se demuestra la perspectividad de al menos dos grandes sectores.
- 📍 La evaluación preliminar arrojó que la calidad de la arena es adecuada para su uso en la construcción.
- 📍 Quedó demostrado que en la porción centro- oriental de la Llanura Sur de Pinar del Río existen acumulaciones de arena de interés económico, asociadas a los cauces abandonados por los principales ríos de la región.

2. Los principales resultados alcanzados con esta investigación se resumen como sigue:

- Mediante la interpretación de fotos aéreas y las hojas topográficas fue identificado un considerable número de cauces abandonados, agrupados en 18 sectores o zonas perspectivas, correspondientes a 9 cuencas.
- De acuerdo a la clasificación adoptada cuatro de ellos fueron comprobados: Río Viejo (río Los Palacios), Kingrass y Cañada de Las Vueltas (río San Diego) y Alonso Rojas (río Hondo); dos se catalogaron como enterrados: El Arenal (río San Diego) y Los Gálvez (río La Leña - Hondo); el resto no fueron verificados en el campo.
- Las mayores concentraciones de arena parecen estar en el Sector Alonso Rojas (río Hondo), seguido en importancia por la Cañada de Las Vueltas (río San Diego) y el cauce “enterrado” Los Gálvez (río La Leña). El Arenal resulta potencialmente importante.
- Se identifican a las cuencas de los ríos Paso Viejo, Ajiconal y Hondo como potenciales contenedoras de importantes depósitos de arena en sus bancos enterrados (o paleocauces) bajo los sedimentos de sus correspondientes llanuras de inundación.
- Se infiere que cuanto más áreas de las Formaciones San Cayetano, Arroyo Cangre, Manacas y el Grupo Mariel son afectadas por la erosión de los ríos

locales (montañas y premontañas), mayores son las posibilidades de localizar depósitos de arena de interés económico en las zonas de deposición (llanuras).

- Es propuesto un Modelo Descriptivo preliminar para el tipo de depósito de arena identificado; el que podría ser de gran utilidad para futuros trabajos de prospección.
 - Se concluye que los paleocauces de la Llanura Sur de Pinar del Río no tienen su origen en el Efecto Coriolis, sino que son un producto de los movimientos neotectónicos que afectaron al occidente cubano.
3. Con arreglo a la experiencia obtenida y a la literatura consultada, se sugiere que para futuros trabajos de prospección en la región se tengan en cuenta los siguientes aspectos:
- Revisar imágenes satelitales con una alta resolución.
 - Para hacer la interpretación de las fotos aéreas utilizar más ampliamente el estereoscopio.
 - Utilizar el Modelo de Elevación Digital del Terreno.
 - Revisar las fotos del vuelo a escala 1:76 000 del año 1958.
 - Disponer de una retroexcavadora o una dragalina de brazo largo.
 - Valorar el uso de métodos geofísicos (Gravimetría, Sísmica, SEV, PES, Ground Penetrating Radar, etc.), tanto para precisar los límites de los paleocauces enterrados, como para estimar preliminarmente la potencia del mineral útil.
 - Valorar a fondo el potencial de las cuencas de los ríos Paso Viejo, Ajiconal y Hondo, prestando atención a:
 - Posibles tramos de paleocauces enterrados bajo los sedimentos.
 - Los bancos laterales.
 - Los cauces actuales de los propios ríos.
 - Prestar especial atención a los posibles paleodeltas identificados al sur de Alonso Rojas y El Coralito. Estos podrían almacenar enormes volúmenes de mineral.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Anónimo, 1970 “Informe final sobre la Búsqueda de arena para construcción en el río Tuinicú”. Ministerio de Minería Combustibles y Metalurgia.
2. Anónimo, 2007. “Understanding the Sand and Gravel Business”. Indian and Northern Affaire, Canada.
3. Ariosa, J., 2002. “La Modelación Descriptiva de Yacimientos Minerales en Cuba” Trabajo de Tesis en opción al grado de Dr. en Ciencias Geológicas. ISMM Moa, Holguín, Cuba.
4. Barrios, E., Portuondo, A, y Marrero, J., 1988, “Informe final sobre los trabajos de Levantamiento Geológico a escala 1/100 000 y sus búsquedas acompañantes en la región sur de Pinar del Río”. Empresa de Geología de Pinar del Río.
5. Bliss, J., 1998, “Aggregate modelling and assessment”. USGS, Tucson, Arizona.
6. Denis, R. y Sobrino E., 2006, “Informe sobre el Reconocimiento Geológico para arena de construcción en las cuencas de los ríos San Diego y Los Palacios”. Empresa Geominera Pinar del Río.
7. González, H., 1975, “Informe final del yacimiento de arena Chambas”. Empresa Geología de Santa Clara.
8. Hora, Z.D., 2007 “Sand and Gravel” . B12. Retired, British Columbia Geological Survey, Victoria, B.C., Canada
9. Kilty, K.T., 2005, “One more round with the Coriolis Force”. Part 2.
10. Lindsay, D. 1997, “An introduction to sand and gravel deposit models, Front Range Urban Corridor”. Open File Report 97-81, USGS.
11. López, J. L. y Castro, O., 2007, “Balance Nacional de Recursos y Reservas de la Republica de Cuba”. ONRM. La Habana, Cuba
12. Marek, M., 1965, “Informe sobre la Búsqueda de arena para construcción en los alrededores de los ríos Chambas y Calvario, provincia de Camaguey”. Empresa Consolidada de la Minería.
13. Martínez D. y Fernández de Lara, R., 1988, “Informe final de los trabajos de Levantamiento Geológico a escala 1/50 000 y sus búsquedas acompañantes

- en el polígono CAME 2, provincia de Pinar del Río”. Empresa de Geología de Pinar del Río.
14. Martínez, D., 1990, “Generalización de la Provincia de Pinar del Río”. Empresa de Geología de Pinar del Río.
 15. Martínez, M., 1982, “Informe final sobre la Búsqueda Orientativa y Detallada de arena aluvial y de granitoides intemperizados en la provincia de Las Tunas”. Empresa de Geología de Camaguey.
 16. Martorell, N., 1985, “Proyecto para los trabajos de Búsqueda y Exploración Orientativa en el yacimiento de arena Majagua, provincia de Ciego de Ávila”. ISMM Moa.
 17. Moreno, A. 1987, “Paleocauces. Nueva fuente de materia prima arenosa en Cuba”. Selección de Artículos No 3. Centro de Investigaciones del MICONS, La Habana, Cuba.
 18. Pérez, N., Calero, G., Naranjo, S. y Jiménez, M., 1994, “Informe sobre la Búsqueda y Exploración Orientativa y Detallada en el yacimiento de arena Macaguabo”. Empresa Geólogo Minera del MICONS.
 19. Pérez, N., Arcial, F. y Gallardo, R., 2001, “Informe sobre la Prospección Preliminar y Detallada y Exploración Orientativa del yacimiento de arena Chambas IV”. Empresa Geólogo Minera del MICONS.
 20. Roque, M., 1994, “Informe de la Exploración dentro de los límites del Coto Minero de la zona “El Meso” y Búsqueda y Exploración en las zonas de Buena Vista y La Coca”. Empresa Geólogo Minera del MICONS.
 21. Roque, M., Calero G., Viel, Ibis y Naranjo, S., 1990, “Informe sobre la Búsqueda y Exploración Orientativa y Detallada del yacimiento Paleozaza”. Empresa Geólogo Minera del MICONS. 1990.
 22. Sobrino E. y Denis R., 2006, “Informe sobre el Reconocimiento Geológico para arena de construcción en la cuenca del río Hondo”. Empresa Geominera Pinar del Río.
 23. Thomson, G., and Turk, J., 1997, “Modern Physical Geology”. Second Edition.

24. Vidal, P., 1981, "Informe geológico sobre los trabajos de Búsqueda Orientativa y Detallada de arena en el yacimiento Tunas, provincia de Las Tunas". Empresa de Geología Santiago de Cuba.

OTRA BIBLIOGRAFIA DE INTERES CONSULTADA

Además de los documentos arriba relacionados (referenciados en el texto), fueron consultados entre otros los siguientes artículos y documentos; los que de una forma u otra arrojaron luz sobre la problemática objeto de este estudio, contribuyeron a orientar la investigación o permitieron lograr una presentación más adecuada del trabajo.

- Anónimo, 2000. "Normas para la redacción y presentación de tesis de doctorados, maestrías y diplomados en la facultad de ingeniería civil". ISPJAE.
- Arrowsmith, J.R., 1999, "Paleochannels of the Salt River. Evaluation of recharge potential". Department of Geology. Arizona State University.
- Craig, M.S.; Heller, S.J.; Kimball, M.A.; Lienkaemper, J.J., 2004, "Ground Penetrating Radar Surveying for paleochannels at the Green Valley Fault". American Geophysical Union.
- De la Torre A. 1999, "Apuntes para un Compendio sobre Metodología de la Investigación Científica". Universidad de Pinar del Río.
- Hora, Z.D., 2007 "Sand and Gravel". Programs and Service. Ministry of Energy, Mines and Petroleum Resources. British Columbia, Canada.
- Langer, W., and Knepper, Jr., 1998, "Geologic characterization of natural aggregate: A field geologist's guide to natural aggregate resource assessment". USGS, Denver Federal Center, Colorado.
- Levson V.M., 2003, "Early Pleistocene and Late Tertiary paleochannels in the Canadian Cordillera and adjacent plains. Discovery, reconstruction and economic implications". British Columbia Ministry of Energy and Mines.
- Jain V. E., 1980. "Geotectónica General". Editorial MIR.
- Nandakumar, T., 2004, "Project to tap paleochannels". The Hindu on line edition of India's National Newspaper. Kerala, India.

- Roger, R., 1987, "Survey of the Sand and Gravel Potential of Mental Health Grant Lanas in Alaska". Division of Geological and Geophysical Surveys. Alaska.
- Sutphin, D.M., Drew, L.J., Fowler, B.K., and Goldsmith, Richard, 2002, "Techniques for assessing sand and gravel resources in glaciofluvial deposits—An example using the surficial geologic map of the Loudon quadrangle, Merrimack and Belknap Counties, New Hampshire, with the surficial geologic map by Richard Goldsmith and D.M. Sutphin": U.S. Geological Survey Professional Paper 1627, 21 p., 1 plate, scale 1:24,000.
- Thoms, M., 1998, "Sand accumulations in a gravel-bed river". Co-operative Research Centre for Freshwater Ecology. University of Canberra, Australia.
- Sarapirome, S., Surinkum, A., Sakssutthipong, P., 2000, "Application of DEM data to Geological Interpretation. Thong Pha Phum Area, Thailand". Department of Mineral Resources. Bangkok, Thailand.
- West, T., 2001, "Exploration for Sand and Gravel Deposits in Glacial Terrain". GSA, Annual Meeting Nov 5 – 8, 2001.

RELACION DE ANEXOS GRAFICOS

Insertar Anexo Grafico 1 en formato A3